

Aus der Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung
(Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie der Wiederkäuer: Prof. Dr. W. Klee)
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Objektivierung von Herzgeräuschen beim Rind mittels Phonokardiographie

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München
von
Anke Reisse
aus Kassel
München 2008

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität

Dekan:	Univ.-Prof. Dr. Braun
Berichterstatter:	Univ.-Prof. Dr. Klee
Korreferent:	Univ.-Prof. Dr. Müller

Tag der Promotion: 18. Juli 2008

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

Abb.	Abbildung (-en)
AUC	area under the curve
ECG	electrocardiogram
EKG	Elektrokardiogramm (-e)
ESG	Episkleralgefäße
gez.	gezeichnet
HG	Herzgeräusch (-e)
HM	heart murmur (-s)
Hz	Hertz
ICR	Interkostalraum/-räume
ICS	intercostal space (-s)
Kap.	Kapitel
KI	Konfidenzintervall
neg.	negativ (-e/-er)
o. g.	oben genannte (-r/-s)

Abkürzungsverzeichnis

PCG	phonocardiogram
PKG	Phonokardiogramm (-e)
pos.	positiv (-e/-er)
s	Sekunde
SW	Schwellenwert (-e)
Tab.	Tabelle (-n)
V./Vv.	Vena/Venae
Vt.	Versuchstier

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung und Problemstellung	3
2	Literaturübersicht	5
2.1	Elektrokardiographie	5
2.1.1	Elektrokardiogramm des Rindes	7
2.1.1.1	Ableitungen	8
2.1.1.2	Form und Zeitwerte	9
2.2	Das menschliche Hörvermögen	10
2.3	Herzgeräusche	14
2.3.1	Einteilung der Herzgeräusche	15
2.3.2	Herzgeräusch-Grade	16
2.4	Phonokardiographie	17
2.4.1	Allgemeines	17
2.4.2	Methode und Durchführung der Phonokardiographie	18
2.4.3	Auswertung von Phonokardiogrammen	19
2.4.4	Das Phonokardiogramm des Rindes	20
2.4.4.1	Entstehung der Herztöne	20
2.4.4.2	Erscheinungsbild der Herztöne im PKG	22
2.4.4.3	Beziehung von EKG und PKG	23
2.4.4.4	Herzgeräusche und Phonokardiographie	24
3	Eigene Untersuchungen	26
3.1	Material und Methoden	26
3.1.1	Vorversuch	26
3.1.1.1	Probanden	26
3.1.1.2	Versuchsablauf	27
3.1.1.3	Auswertung	34
3.1.2	Hauptversuch	39
3.1.2.1	Probanden	39
3.1.2.2	Versuchsablauf	39
3.1.2.3	Auswertung	39
3.2	Ergebnisse	45
3.2.1	Ergebnisse Vorversuch	45
3.2.2	Ergebnisse Hauptversuch	48
3.2.2.1	Stammdaten	48
3.2.2.2	Klinische Befunde	50
3.2.2.3	Phonokardiogramme	56

4	Diskussion	65
4.1	Material und Methoden	65
4.1.1	Vorversuch	65
4.1.1.1	Probanden	65
4.1.1.2	Versuchsablauf	66
4.1.1.3	Auswertung	69
4.1.2	Hauptversuch	73
4.1.2.1	Probanden	73
4.1.2.2	Versuchsablauf	73
4.1.2.3	Auswertung	74
4.2	Ergebnisse	75
4.2.1	Ergebnisse Vorversuch	75
4.2.2	Ergebnisse Hauptversuch	75
4.2.2.1	Klinische Befunde	76
4.2.2.2	Blutuntersuchung	77
4.2.2.3	Auswertung der Phonokardiogramme	78
4.2.2.4	Phonokardiogramme	79
5	Zusammenfassung	83
6	Summary	85
7	Verzeichnisse	87
7.1	Literaturverzeichnis	87
7.2	Tabellenverzeichnis	97
7.3	Abbildungsverzeichnis	98
8	Anhang	100
9	Lebenslauf	109
10	Danksagung	110

1 Einleitung und Problemstellung

Diagnostik ist eine zusammenfassende Bezeichnung für verschiedene Verfahren, die zur Zuordnung zu einer nosologischen Einheit erforderlich sind. Ziel einer jeden Diagnostik ist das frühzeitige Erkennen einer Funktionsstörung. So basiert die klinische Untersuchung des Herzens auf den klassischen Kardinalpunkten: Inspektion, Palpation, Perkussion und Auskultation (STÖBER und GRÜNDER, 1990). Auf diese Art und Weise lassen sich pathologische und physiologische Zustände des Herzens voneinander unterscheiden. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass gerade Störungen im Bereich der Erregungsausbreitung und Erregungsrückbildung nur mit technischen Hilfsmitteln erkennbar gemacht werden können. Für diesen Bereich der Diagnostik wird die Elektrokardiographie, die NÖRR (1913) erstmals in der Veterinärmedizin anwandte, eingesetzt.

Bei der klassischen Auskultation lassen sich große Unterschiede in der subjektiven Wahrnehmung feststellen, so dass es von besonderem Interesse ist, sich die Möglichkeiten der Phonokardiographie zu Nutze zu machen. Herzschall kann durch dieses technische Verfahren graphisch dargestellt werden. Bereits 1892 verwendete HÜRTHELE als Erster ein Mikrophon zur Aufzeichnung humaner Herztöne (HÜRTHELE, 1893). Die in der Folgezeit entwickelten Apparate zur Aufzeichnung des Herzschalls bedurften allerdings einer sehr aufwändigen Bedienung und setzten umständliche Anordnungen der Instrumente voraus, so dass erst im Jahr 1932 die Phonokardiographie Einzug in die Veterinärmedizin hielt (NEUMANN-KLEINPAUL und STEFFAN 1932 und 1933). Von großer Bedeutung ist die Kombination von Elektrokardiographie und Phonokardiographie, da nur so die Schallphänomene exakt den jeweiligen Herzzyklusphasen zugeordnet werden können (STEFFAN, 1935).

BÖRNERT (1967) erstellte im Rahmen einer Dissertation unter Zuhilfenahme beider Techniken Standardwerte des Herzschalls, unter anderem des Rindes, aufgeteilt in drei Altersgruppen.

Veterinärmedizinische Publikationen zu pathologischen Herzschallaufzeichnungen finden sich nur begrenzt, zum Beispiel auf bestimmte Infektionskrankheiten (STEFFAN, 1935), oder kleine Gruppen einer Tierart (ZEROBIN, 1958; DETWEILER, 1962). GRABANSCHKY und DIMITROW (1960) erwähnen beispielsweise eine dumpfe Veränderung der Herztöne bei Hochleistungskühen. In der nachfolgenden Zeit tritt die Echokardiographie in den Vordergrund, doch der technische Fortschritt lässt die Phonokardiographie nicht unberührt. Elektronische Stethoskope bieten neue Möglichkeiten für phonokardiographische Aufzeichnungen und Anwendungen. KVART und HÄGGSTRÖM (2002) veröffentlichten als erste ein Lehrbuch über die veterinärmedizinische Phonokardiographie. Allen aufgeführten Veröffentlichungen ist jedoch eins gemein: Zur Auswertung der erstellten Phonokardiogramme (PKG) bedienen sie sich der Mustererkennung. MONEVA-JORDAN et. al. (2007) führen die Phonokardiographie im Rahmen von Fallberichten beim Hund auf. Die erstellten PKG dienen als Anschauungsmaterial, um unter anderem das Fehlen eines Herztons zu demonstrieren. Möglichkeiten der Auswertung von PKG unter technischen Gesichtspunkten werden in den letzten Jahren gehäuft genutzt oder evaluiert (DEBBAL und BEREKSI-REGUIG, 2004 und 2006; SINGH und ANAND, 2007). HULT et. al. (2004) bedienen sich zum Beispiel der wavelet Transformation, um an Hand der aufgezeichneten Rohdaten den dritten Herzton computergestützt zu identifizieren. HIGUCHI et. al. (2006) evaluieren eine neue Technik, die computergestützte Diagnosen an Hand der während der Phonokardiographie gewonnenen Daten erstellt.

Es bleibt aber fraglich, inwieweit die Interpretation einer PKG-Kurve objektiv ist. Die hier vorliegende Arbeit befasst sich mit auskultatorisch wahrnehmbaren Herzgeräuschen (HG) des Rindes, es werden Elektrokardiogramme (EKG) und PKG aufgezeichnet. Es soll untersucht werden, ob und wenn, dann wie Phonokardiogramme objektiv ausgewertet werden können. Die Ergebnisse werden mit den klinischen Befunden in Relation gesetzt. Übergeordnetes Ziel dieser Studie ist die Möglichkeit, Herzgeräusche an Hand einer PKG-Kurve objektiv (unter Ausschluss der Mustererkennung) zu identifizieren.

2 Literaturübersicht

2.1 Elektrokardiographie

Mit einem EKG werden die Potentialdifferenzen, die von der Herzerregung herühren, in zeitlicher Abfolge aufgezeichnet. Auf diese Weise können Angaben über Herzlage, Herzfrequenz, Erregungsrhythmus und Erregungsursprung sowie Impulsausbreitung, Erregungsrückbildung und deren Störung gemacht werden (WIESNER und RIBBECK, 2000).

Die elektrischen Potentiale entstehen an der Grenze zwischen erregtem (depolarisiertem) und unerregtem (polarisiertem) Teil der Myokardfasern. Die Potentialdifferenz ist sowohl zwischen zwei Punkten einer einzelnen Muskelfaser, als auch an der Körperoberfläche an so genannten Ableitungspunkten messbar. Diese Abnahme an der Körperoberfläche ist möglich, da sich das lokal entstandene elektrische Feld in der gut leitenden extrazellulären Flüssigkeit ohne nennenswerten Verlust bis an die Körperoberfläche ausbreitet (SILBERNAGEL und DESPOPOULOS, 2001). In der Aufnahmetechnik selbst sind folgende Ableitungen zu unterscheiden: Die so genannten herzfernen bipolaren und unipolaren Ableitungen, die praekardialen Ableitungen mit einer herznahen und einer herzfernen Elektrode und die unipolaren Brustwandableitungen. Außerdem sind weitere spezielle Ableitungsmethoden wie die Ösophagus-, intrakardiale- und His-Bündel-Elektrokardiogramme zu erwähnen (HEINECKER, 1980). Die exakte Lokalisation dieser Ableitungsstellen ist aus Gründen der Vergleichbarkeit der gewonnenen EKGs besonders wichtig (GÖTZE, 1984).

Die nach EINTHOVEN benannten und standardisierten Ableitungspunkte an drei Extremitäten zur Aufzeichnung von drei bipolaren EKGs (I, II, III) haben sich in Literatur und Praxis durchgesetzt (TRENDELENBURG, 1933). Diese Elektrodenplatzierung erlaubt außerdem durch interne Verschaltung von jeweils zwei Messpunkten eine gleichzeitige Aufzeichnung von drei unipolaren Ableitungen (aVR,

aVL, aVF). Anhand dieser Ableitungen ist es möglich, die Lage der elektrischen Herzachse mit einer Genauigkeit von ca. 30° zu berechnen. EINTHOVEN belegte die einzelnen Amplituden der EKG-Kurve fortlaufend mit den Buchstaben P, Q, R, S und T (HARMEYER, 2000). Die P-Welle entsteht durch die Depolarisation der Vorkammermuskulatur, der darauf folgende QRS-Komplex ist Ausdruck der Depolarisation der Kammermuskulatur. Im Einzelnen setzt er sich wie folgt zusammen: Zuerst läuft die Erregung durch die im Kammerseptum liegenden Purkinjefasern gegen Herzbasis (Q-Zacke), die Depolarisation der Kammermuskulatur verläuft daraufhin in entgegengesetzter Richtung (R-Zacke) und „endet“ in der vollständigen Erregung der basalen Muskelpartien der rechten Herzkammer (S-Zacke). Die T-Welle beschreibt die Repolarisation der Kammermuskulatur. Die Dauer einer Herzperiode entspricht dem Abstand zweier R-Zacken. Eine schematische Darstellung einer EKG-Kurve wird in Abb. 1 gezeigt.

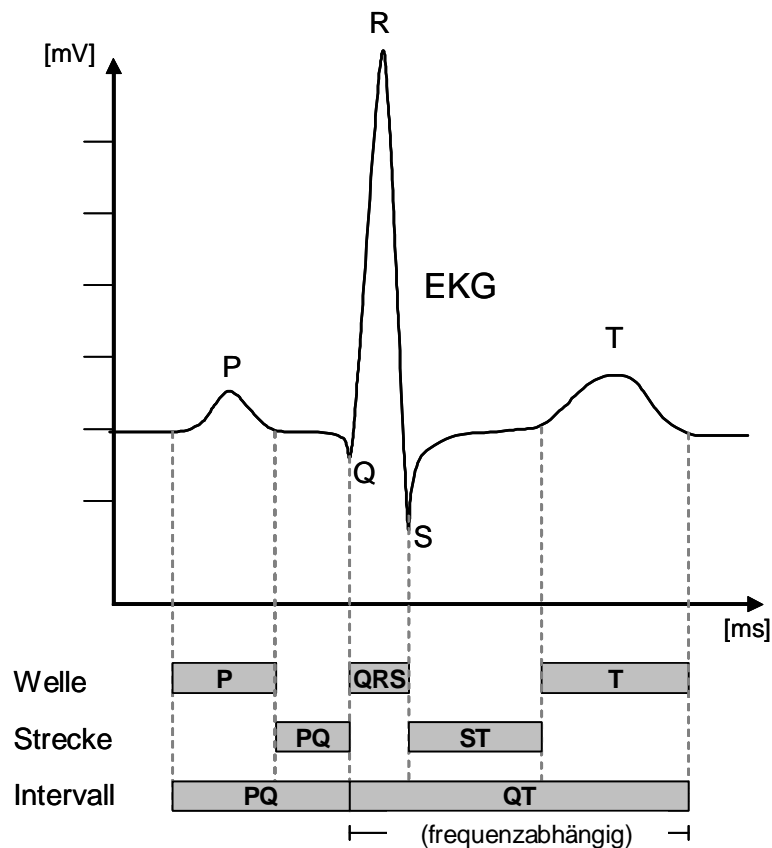


Abb. 1: Schematischer Verlauf einer EKG-Kurve während einer Herzaktion (modifiziert nach SILBERNAGEL und DESPOPOULOS, 2001)

- P = Signal der Depolarisation der Vorkammermuskulatur
- QRS = Signal der Depolarisation der Kammermuskulatur
- T = Signal der Repolarisation der Kammermuskulatur
- PQ-Strecke = Zeit der völlig erregten Vorkammern
- ST-Strecke = Zeit der völlig erregten Kammern
- PQ-Intervall = atrioventrikuläre Übergangszeit
- QT-Intervall = Zeitdauer der De- und Repolarisation der Ventrikel

2.1.1 Elektrokardiogramm des Rindes

Eine umfassende Beschreibung des physiologischen Rinder-EKGs gibt NÖRR bereits 1921. Es wird von ihm folgendermaßen beschrieben: doppelgipflige Vorhofschwankung – P-Zacke, positive bis diphasische Finalschwankung – T-Zacke,

negative Kammerinitialschwankung und geradlinig ansteigende PQ-Strecke. In den darauf folgenden Jahren wurde von verschiedenen Autoren unabhängig voneinander herausgefunden, dass Rasse, Laktation und unterschiedliche Trächtigkeitsstadien keine Veränderungen des EKGs verursachen (ALFREDSON und SYKES, 1942). ENHÖRNING (1962) stellte fest, dass die P-Zacke meist positiv, der QRS-Komplex häufig monophasisch und die T-Zacke in der Mehrzahl der Fälle monophasisch und negativ ist. Die Doppelzipfligkeit der P-Zacke wird von MAYER (1968) auf die doppelte Anlage des Sinusknoten zurückgeführt.

2.1.1.1 Ableitungen

In der Literatur finden sich viele verschiedene Möglichkeiten der Abnahme eines EKGs, was die Interpretation und den Vergleich von Form und Zeitwerten erschwert. Auch die Nomenklatur ist nicht immer einheitlich (BÖRNERT und BÖRNERT, 1971 d).

Laut STÖBER und GRÜNDER (1990) hat sich die bipolare Ableitung nach SPÖRRI (1954) sowie SANDER (1968) durchgesetzt. Bei dieser Version werden drei Ableitungen gleichzeitig geschrieben. BÖRNERT (1967) verwendet folgende modifizierten Einthovenschen Ableitungen: Rechte vordere Elektrode präscapulär, linke vordere Elektrode in der Herzgegend, rechte und linke hintere Elektroden in der jeweiligen Fossa paralumbalis. Auf die weniger aufwändige, erstmals 1944 von SPÖRRI beschriebene Brustwandableitung am stehenden Rind greifen mehrere Autoren zurück, welche die höheren Ausschläge im EKG und die damit verbundene bessere Auswertung betonen (THIELSCHER und FLOCK, 1968; JACKSON und SLATER, 1997): Die positive Elektrode liegt in der linken Herzgegend, nahe dem Sternum, die Negative wird präscapulär an der linken Halsseite und die Erdung im dorsalen Bereich der letzten Rippe oder in der linken Fossa paralumbalis angebracht.

Allen Ableitungen ist gemein, dass sowohl der Einsatz von Klipp-Elektroden als auch Nadel-Elektroden möglich ist.

2.1.1.2 Form und Zeitwerte

Die Vorhofschwankung (P-Zacke) stellt sich in allen Ableitungen positiv dar und lässt bei einzelnen Tieren (in Abhängigkeit von Alter und Aufnahmebedingungen) eine Doppelzipfligkeit erkennen. Das PQ-Intervall verläuft bei der überwiegenden Zahl der Tiere in der isoelektrischen Linie und steigt von P nach Q an. Der QRS-Komplex lässt häufig nur eine angedeutete Q- und S-Zacke erkennen, während die R-Zacke die größte Amplitude aufweist. Die Endschwankung (T-Zacke) ist in der Mehrzahl der Fälle positiv und in einem geringen Prozentsatz diphasisch (BÖRNERT und BÖRNERT, 1971 d). Die Form der EKGs zeigt große interindividuelle Unterschiede, weist aber eine deutliche intraindividuelle Kontinuität/Konstanz auf. In der Länge der Intervalle, weniger in der Form, ist eine große Ähnlichkeit zwischen dem Human- und dem Rinder-EKG festzustellen (ENHÖRNING, 1962).

Die Zeitintervalle im EKG werden weitgehend von der Herzfrequenz bestimmt, wobei besonders enge Beziehungen zwischen Herzfrequenz und Dauer von PQ und Q existieren. Relativ stabil in ihrem zeitlichen Verlauf bleiben der QRS-Komplex und die T-Zacke, ihre Form aber variiert stark (SANDER, 1965). Dabei ist besonders die Form der T-Zacke vor allem durch nervale, aber auch durch andere Einflüsse, Veränderungen unterworfen.

Bei den altersbedingten Veränderungen des EKGs sind hervorzuheben:

- Die niedriger werdenden Amplituden bei zunehmenden Alter, besonders die der R-Zacke,
- die Verminderung der Herzfrequenz und damit zusammenhängend,
- eine Zunahme der P-, PQ- und QRS-Dauer (BÖRNERT und BÖRNERT, 1971 d).

2.2 Das menschliche Hörvermögen

Hören ist die Wahrnehmung von Schwingungen der Luft. Die Ausbreitung erfolgt mit Schallgeschwindigkeit. Zeichnet man die Schalldruckwellen des gehörten Tons graphisch auf, ergeben sich wellenförmige Linien (siehe Abb. 2). Der Abstand zweier benachbarter Orte gleichen Schalldrucks ist als Wellenlänge α , die maximale Abweichung des Drucks von der Ruheposition als Amplitude definiert. Eine hohe Amplitude entspricht einem als laut wahrgenommenen Ton, umgekehrt eine kleine Amplitude als leisen Ton. Ein Ton wird als hoch empfunden, wenn sich α verkleinert, niedriger, wenn sich α vergrößert. Die Tonfrequenz f gibt an, wie oft an einer Stelle des Schallfeldes die Schalldruckschwankung auftritt und charakterisiert somit die Tonhöhe (SILBERNAGEL und DESPOPOULOS, 2001).

Ein einzelner „Ton“ ist somit streng genommen eine reine sinusförmige Schwingung.

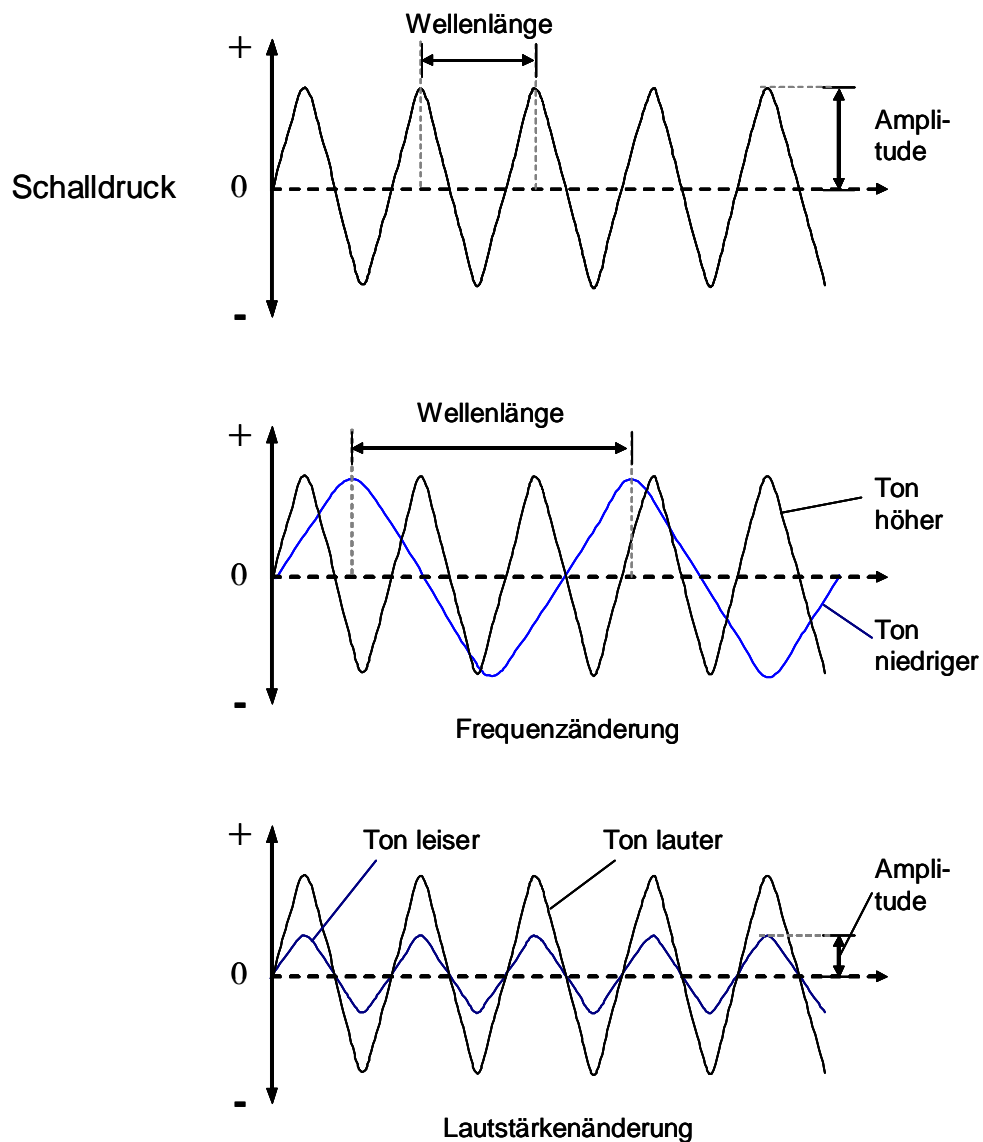


Abb. 2: Schematische Darstellung von Wellenlänge, Amplitude und Schwingungsformen (SILBERNAGEL und DESPOPOULOS, 2001)

Trägt man in einem Diagramm den Schalldruck über der Schallfrequenz auf, so ist die ablesbare Hörfläche begrenzt durch die höchste und tiefste noch hörbare Schallfrequenz einerseits und von Hörschwelle und Schmerzschwelle andererseits. Ein Jugendlicher hört beispielsweise Schall mit einer Frequenz von 16 bis ca. 20000 Hz, im Alter kann die obere Hörgrenze jedoch auf Werte bis zu 5000 Hz absinken (SILBERNAGEL und DESPOPOULOS, 2001).

Die Fähigkeit, Töne (also Schall bestimmter Frequenzen) wahrzunehmen, ist eine wichtige Voraussetzung für die Auskultation, doch ist es ebenso wichtig, sowohl eine zeitliche Zuordnung des „Gehörten“ vornehmen zu können, als auch Töne als einzelne wahrzunehmen.

Rasch aufeinander folgende Töne als zwei getrennte Töne zu erkennen, ist für das menschliche Ohr erst möglich, wenn die Töne mindestens 0,1 s auseinander liegen (HELMHOLZ, 1863, zitiert aus HOLLDACK, 1952). Sollen zwei akustische Reize gleicher Tonhöhe für das humane Ohr unterscheidbar werden, so ist eine Differenz von 25 Prozent der Intensität dieser beiden Reize notwendig. Intensität ist in diesem Zusammenhang definiert, als die pro Zeit durch eine Flächeneinheit hindurch tretende Schallenergie. Die sichere Erfassung einer bestimmten Frequenz ist nur ab einer Minstdauer des akustischen Reizes von 0,05 s möglich. Liegt die Zeitdauer des Reizes jedoch unter dieser Grenze, so wird dieselbe Schallerscheinung als höher und leiser beurteilt (GARTEN, 1953). Dieses Wissen hilft, folgendes Phänomen zu erklären:

Bei der Auskultation wird oftmals ein Geräusch kürzer gehört als es bei der Herzschallschreibung aufgezeichnet wird. Ursache dafür ist, dass die einleitenden und abklingenden Schallschwingungen meist kleinerer Amplitude sind und außerhalb des menschlichen Hörbereichs liegen. Des Weiteren muss berücksichtigt werden, dass ähnlich dem Blendungseffekt auf optischem Gebiet, ein „Verdecken“ sehr schwacher Schallerscheinungen durch kurz vorhergehende starke Schallimpulse möglich ist (GARTEN, 1953). AUINGER (1957) beschreibt diese Müdigkeits-/Trägheitserscheinung des menschlichen Ohrs als Täubungseffekt, der umso stärker in Erscheinung tritt, je größer die Lautstärkeunterschiede sind und je höher die Herzfrequenz ist.

Tatsache ist, dass Herzgeräusche umso früher in der Herzphase auftreten, je größer die Druckdifferenz zwischen den Herz-/Gefäßteilen ist, bei deren Füllung sie entstehen. Dieses unterschiedliche Verhalten kann mit dem Ohr meist nicht erkannt werden. Das Erfassen dieser Schallerscheinung ist der Herzschallschreibung vorbehalten. Auf diese Art und Weise können zusätzliche diagnostische

Hinweise gewonnen werden (HOLLDACK, 1952). Auch DEBBAL und BEREKSI-REGUIG (2006) stellen fest, dass das menschliche Ohr sich schlecht zur Herz- auskultation und damit auch zur Diagnostik eignet.

2.3 Herzgeräusche

Als Herzgeräusch ist all das definiert, was außer den Herztönen zu hören ist und im Zusammenhang mit der Herztätigkeit steht. Diese während der Auskultation wahrgenommenen Herzgeräusche müssen in ihrer Qualität und ihrem zeitlichen Auftreten genau beschrieben werden. So wird ein lauter werdendes Geräusch als *crescendo*, ein leiser werdendes als *decrecendo*, ein in der Lautstärke gleich bleibendes Geräusch als *bandförmig* bezeichnet. *Spindelförmig* ist das Geräusch, wenn es erst an Lautstärke zunimmt, um dann wieder leiser werdend zu enden (siehe Abb. 3).

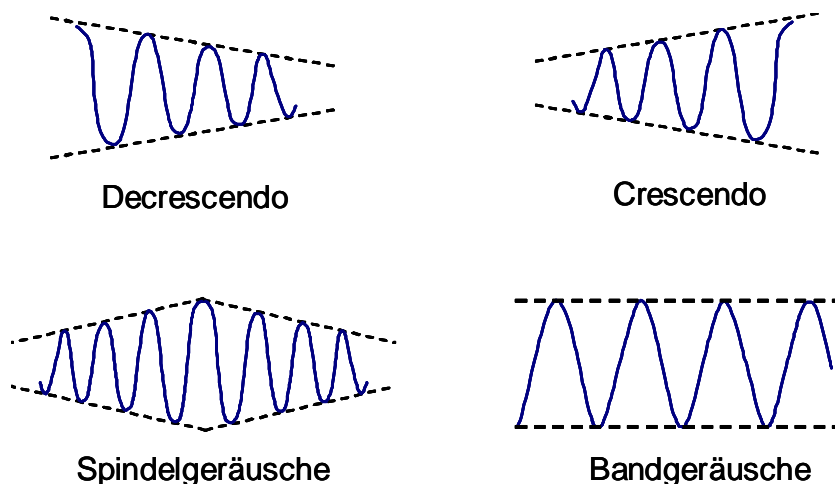


Abb. 3: Schematische Darstellung der phonokardiographisch zu unterscheidenden Schallphänomene (STÖBER und GRÜNDER, 1990)

2.3.1 Einteilung der Herzgeräusche

Die zeitliche Zuordnung wird als prä-, pan-, holo- und postsystolisch, oder als pan- und holodiastolisch ausgedrückt (KVART und HÄGGSTRÖM, 2002). Abhängig von ihrem Entstehungsort unterscheidet man endokardiale und exo- oder perikardiale Geräusche. Innerhalb des Herzens entstehen endokardiale Herzgeräusche, verursacht durch Klappendefekte, die durch einen mangelhaften Schluss (Insuffizienz) oder eine Verengung (Stenose) bedingt sind. Wichtig zur Unterscheidung den perikardialen Herzgeräuschen gegenüber ist das streng synchrone Auftreten mit einer bestimmten Herzaktionsphase und auch die Kontinuität des Klangcharakters, der Intensität und der Lokalisation. Perikardiale oder exokardiale Herzgeräusche haben ihren Ursprung außerhalb, aber dennoch in unmittelbarer Nähe des Herzens. Da sie näher am Stethoskopkopf entstehen, werden sie oft als „näher“ wahrgenommen. Mehrmaliges Auskultieren ist notwendig, um diese Geräusche zu erkennen, da sie zwar in Verbindung zur Herzaktion, aber nicht phasengebunden entstehen. Folglich können sich Klangcharakter, Intensität oder auch Dauer der perikardialen Herzgeräusche ändern (STÖBER und GRÜNDER, 1990). Eine Beschleunigung des Blutstromes oder eine Verminderung der Blutviskosität können ebenso Herzgeräusche verursachen. Diese werden unter dem Begriff akzidentielle Herzgeräusche zusammengefasst (HENSSE, 1970 a).

2.3.2 Herzgeräusch-Grade

Eine einheitliche Nomenklatur in der Klassifizierung der Herzgeräuschgrade ist in vielerlei Hinsichten von Bedeutung, besonders aber für die Kommunikation zwischen den Diagnostikern.

Einteilung der Herzgeräuschintensität

Die Intensität der pathologischen Herzgeräusche wird international in der Human- als auch in der Tiermedizin nach Empfehlung der New York Heart Association in sechs „Schwere“-/Intensitätsgrade eingeteilt (HEIENE et. al., 2000):

Grad 1	sehr leise, nur sehr schwer zu hören
Grad 2	leise, aber leicht (an seiner lautesten Stelle) zu hören
Grad 3	gleichlaut wie die Herztöne
Grad 4	lauter als die Herztöne
Grad 5	sehr laut, Fremitus (= hör- und tastbares Vibrieren)
Grad 6	sehr laut, auch außerhalb des Thorax mit Stethoskop hörbar, bzw. bereits vor Einnahme der richtigen Stethoskopkopfposition

2.4 Phonokardiographie

2.4.1 Allgemeines

Unter der Phonokardiographie versteht man die Aufzeichnung des Herzschalls unter Zuhilfenahme eines Herzschallmikrophons, eines Verstärkers und eines elektronischen Schreibgerätes. Dabei werden sowohl Herztöne als auch Herzgeräusche aufgezeichnet. Das Prinzip der Herzschallschreibung besteht darin, mechanische Schwingungen in äquivalente elektrische Spannungsschwankungen umzuwandeln, damit diese in den jeweils definierten Frequenzbereichen graphisch dargestellt werden können (BÖRNERT und BÖRNERT, 1971 a). Ursache der Schwingungen/des Schalls ist das Herz mit seinen Elementen Muskelmasse, Klappenapparat und Gefäßstamm, die gemeinsam mit und durch das bewegte Blut Schwingungen generieren. Die physiologischen Herztöne des Menschen liegen in Frequenzbereichen von 100-150 Hz bezüglich des ersten Herztones und 100-120 Hz bezüglich des zweiten. Der Frequenzbereich diagnostisch wichtiger Herzschallphänomene liegt unterhalb von 800-1000 Hz (TRENDELENBURG, 1954).

Vorteilhaft bei dieser Form der Herzdiagnostik ist sowohl die Möglichkeit der Dokumentation als auch die Erfassung der Frequenzbereiche, die im Grenzbereich des menschlichen Hörvermögens liegen. So weisen bereits 1932 NEUMANN-KLEINPAUL und STEFFAN auf die größere Empfindlichkeit ihrer Apparatur gegenüber dem menschlichen Ohr hin. Diese Tatsache ermöglicht es, subjektiv wahrnehmbare Frequenzbereiche um das im Phonokardiogramm aufgezeichnete Frequenzspektrum zu ergänzen und somit eine detaillierte Diagnose zu stellen.

AUINGER (1957) weist auf die besondere Beziehung der Phonokardiographie zur Auskultation hin. Er macht deutlich, dass die Phonokardiographie die Auskultation nicht ersetzen kann, denn eine solide Auskultation stellt eine wesentliche Voraus-

setzung für eine exakte Herzschallschreibung dar. Außerdem wird das Auskultationsvermögen eines Jeden durch den Vergleich mit dem objektiven Befund geschult.

2.4.2 Methode und Durchführung der Phonokardiographie

Methode

Da Hertöne und Herzgeräusche nicht aus einem einzigen Ton bestehen, müssen bei der Aufzeichnung verschiedene frequenzspezifische Filter eingesetzt werden. Nur so kann man der Frequenzüberlagerung und bei der Aufzeichnung auch der gegenseitigen Amplitudenaufhebung entgegen wirken. Bei der so genannten Mehrfachschreibung (6-Kanalschreiber) kommen zeitgleich verschiedene Filter zum Einsatz, so dass das Phonokardiogramm mehrere Kurven aufweist (WEISSEL, 1950; HOLLDACK, 1951). Diese in frühen Jahren angewandte Technik ermöglicht zwar die zeitgleiche Anwendung mehrer Filter, doch muss die Aufnahme selbst „taub“ durchgeführt werden. Eine simultane Auskultation ist nicht möglich (HOLLDACK, 1951). Aus dieser Zeit finden sich viele Fachartikel, die sich mit der Phonokardiographie in Kombination mit verschiedenen Pulskurven befassen. Am häufigsten werden Karotissphygmogramm, Ventrikelsphygmogramm, Venen- und Lebersphygmogramm beschrieben (WEISSEL, 1950; GARTEN, 1953; HOLLDACK und WOLF, 1974).

Die später entwickelten Direktschreiber ermöglichen die PKG-Aufzeichnung mit zeitgleicher Auskultation. Auf diese Art ist eine bessere Kontrolle von Nebengeräuschen möglich, Störgeräusche aus der Umgebung können leicht identifiziert werden (HOLLDACK, 1951).

Die Entwicklung der Aufnahmetechnik ist mittlerweile so weit vorangeschritten, dass Phonokardiogramme digitalisiert aufgezeichnet und im Nachhinein bearbeitet werden können. Verschiedene Filter kommen zur Anwendung, so dass Störgeräusche, wie zum Beispiel Atemgeräusche, gänzlich ausgeblendet werden können.

Durchführung

Bedingung für qualitativ gute Phonokardiogramme ist eine ruhige Umgebung während der Aufzeichnung (HOLLDACK, 1951). Bezüglich der Fixierung des Aufnahmekopfes (Pelotte) sind in der Literatur verschiedene Beschreibungen zu finden. Zum einen werden Halterungen, wie zum Beispiel Lederriemen verwendet, zum anderen die Pelotte per Hand in Position gehalten. Allen ist jedoch gemein, dass der Anpressdruck gleich bleiben, und der Aufnahmekopf sehr ruhig gehalten werden muss (HOLLDACK und WOLF, 1967; VANSELOW et. al., 1978). Relativbewegungen zum Körper verursachen Artefakte im PKG, Muskelzittern etwa macht jede Schallaufnahme unmöglich (HOLLDACK und WOLF, 1974; FRANKE, 1984). Es wird empfohlen, das Mikrophon auf unbehaarte Stellen zu setzen oder die betreffende Region gegebenenfalls zu rasieren, anzufeuchten oder einzufetten (HOLLDACK und WOLF, 1967). HOLLDACK und WOLF beschreiben 1974 die veränderten Ankopplungsbedingungen des Mikrophons bei Adipositas, stark entwickelter Muskulatur und Ödemen. Außerdem führt vermehrter Luftgehalt der Lunge zur Aussiebung der hohen Frequenzen.

2.4.3 Auswertung von Phonokardiogrammen

Die Variationsbreite des normalen Schallbildes ist sehr groß, so dass ohne Kenntnis der klinischen Gesamtsituation die Deutung von Herzschallkurven nicht möglich ist (HOLLDACK und WOLF, 1974). Ein einheitliches, objektives Auswertungsschema für PKG-Kurven ist in der gesichteten Literatur nicht beschrieben. Ausführliche Schilderungen/Beschreibungen von Herzschallkurven in Kombination mit Elektrokardiogrammen oder/und Pulskurven (ERNST, 1952; HENSSGE, 1970 a und b), auch in Form von Lehrbüchern (HOLLDACK und WOLF, 1974), sind veröffentlicht. Das Vorkommen der einzelnen Herztöne, deren Form und deren Auftreten im Zusammenhang mit der Erregungsausbreitung im Herzen wird beschrieben (BÖRNERT und BÖRNERT, 1971 b). Wichtig ist hierbei darauf zu verweisen, dass alle Autoren bei der Interpretation eines PKGs auf die Mustererkennung zurück-

greifen. So beschreibt HOLLDACK (1951) beispielsweise ein flacher werdendes systolisches Decrescendo als Symptom einer Mitralinsuffizienz. Anfang, Ende und Größe der Amplituden dieses Herzgeräusches sind nicht näher definiert. KUDRIAVTSEV et. al. (2007) vergleichen die zu Grunde liegende Methode zur Erkennung von Herzgeräuschen im PKG mit dem Erkennen von Herzgeräuschen während der Auskultation. Als limitierenden Faktor der Phonokardiographie sehen WANG et. al. (2007) die Schwierigkeit einer guten Interpretation eines PKGs.

2.4.4 Das Phonokardiogramm des Rindes

Bei der Erstellung eines PKGs werden sämtliche registrierten Schwingungen aufgezeichnet, so auch die, die durch die Atmung bedingt sind. In der Humanmedizin kann der Patient, natürlich abhängig vom Gesundheitszustand, gebeten werden, für einen kurzen Aufzeichnungszeitraum die Luft anzuhalten. Auf diesen Komfort muss bei der Rinderphonokardiographie verzichtet werden, so dass deren Auswertung tendenziell fehleranfälliger ist (AUINGER, 1957). Bei Tieren mit starken Atemgeräuschen kann versucht werden, durch kurzfristiges Zuhalten der Nasenlöcher und des Maules vier bis fünf Herzaktionen ohne diese störenden Geräusche aufzuzeichnen. BÖRNERT und BÖRNERT (1971 c) wenden diese Technik manchmal bei Schafen, Schweinen und Hunden an, für das Rind beschreiben sie jedoch diese Anwendung als nicht möglich.

2.4.4.1 Entstehung der Herztöne

Der bei der Auskultation wahrnehmbare so genannte erste Herzton (**S1**) fällt mit dem Beginn der Kammersystole zusammen. Er entsteht durch die Schwingung des sich kontrahierenden Herzmuskels und der sich schließenden Atrioventrikularklappen, daher wird er auch systolischer bzw. Muskel- und Klappen-Ton genannt. Dieser Ton ist länger und tiefer als der ihm folgende zweite Herzton (**S2**). Letzterer ist kürzer, höher, leiser und entsteht durch den Schluss der Semilunarklappen, wobei sich die Aortenklappe etwa 0,02 s vor der Pulmonalklappe schließt. Da der so genannte Klappenton mit dem Beginn der Diastole zusammen-

fällt, wird er auch diastolischer Herzton genannt. Dem zweiten Herzton folgt die Herzpause, welche durch das Einsetzen des ersten Herztons beendet wird. Der erste Herzton ist am besten über den Kammern, der zweite über der Herzbasis zu hören (STÖBER und GRÜNDER, 1990; WAGNER, 1985).

Bei Störung der Herzkammerfunktion (Herzinsuffizienz) sind gelegentlich ventrikuläre Füllungstöne niedrigerer Schallfrequenz zu hören. Abhängig von ihrer zeitlichen Bindung sind ein dritter (**S3**) und ein vierter (**S4**) Herzton voneinander zu unterscheiden. Der dritte Ton wird durch die schnelle passive Kammerfüllung, der vierte durch die, die Vorhofsystole verursachende aktive Füllung der Kammern verursacht. Die meist mit diesem Schallphänomen einhergehende Steigerung der Herzfrequenz lässt auskultatorisch den Eindruck eines Galopp-Rhythmus entstehen. Die beiden Extratöne summieren sich nämlich zu einem, dem ersten Herzton vorangehenden diastolischen Ton, das Gesamtbild ist der Summationsgalopp (STÖBER und GRÜNDER, 1990).

WAGNER (1985) hingegen vermutet, dass der dritte Herzton durch eine rückläufige Bewegung der Mitralklappe während der Füllung des linken Ventrikels entsteht. Damit sei der dritte Herzton charakteristisch für die Mitralklappeninsuffizienz. Der vierte Herzton wird durch Vorhofkontraktionen hervorgerufen. Nach WAGNER wird dies häufig durch eine Herzinsuffizienz verursacht, verallgemeinert gilt dieser Herzton als Zeichen verminderter Herzleistung. Als pathologisch beurteilten JACKSON und SLATER (1997) das Auftreten des dritten Herztons und assoziieren mit ihm ein Rechtsherzversagen. Das Phänomen des zu hörenden S4 betrachten sie bei adulten Rindern als physiologisch. BÖRNERT und BÖRNERT (1971 b) hingegen beschreiben beim jungen Rind einen in vielen Fällen vorkommenden, sehr gut ausgeprägten S4 (Vorhoftton).

2.4.4.2 Erscheinungsbild der Herztöne im PKG

Vom ersten Herzton kann nach HOLLDAK und WOLF (1967) nur im phänomenologischen Sinn gesprochen werden, da er sich aus verschiedenen Schwingungsgruppen zusammensetzt. Auch beim Rind lassen sich in der Regel im PKG drei Komponenten voneinander abgrenzen (BÖRNERT und BÖRNERT, 1971 b):

- Ein niederfrequentes Vorsegment von geringer Amplitude, bestehend aus 1-2 Schwingungen,
- ein höherfrequentes Hauptsegment von wesentlich größerer Amplitude, breitem Erscheinungsbild, aus 2-5 manchmal auch bis zu 6 oder 7 Schwingungen bestehend,
- ein niederfrequentes Nachsegment, 1-5 Schwingungen geringer Amplitude, meist decrescendoförmig.

Der zweite Herzton besteht aus 1-4 Schwingungen, meist jedoch aus zwei.

BÖRNERT und BÖRNERT (1971 d) weisen darauf hin, dass sich beim Vergleich der Amplituden zwischen S1 und S2 ergibt, dass in den meisten Fällen der erste Herzton sowohl in seiner Dauer als auch in der Amplitude den zweiten übertrifft. Hierbei ist der Aufnahmeort von entscheidender Bedeutung, welcher von den Autoren aber nicht näher beschrieben ist. Allgemein formuliert, sind die Amplituden der Herztöne vor allem bei mageren Tieren sehr groß, während bei sehr fetten Tieren eine gute Herzschriftschreibung manchmal überhaupt in Frage gestellt ist. Die oben angegebene Schwingungszahl (sowohl bei S1 als auch bei S2) sind beim Rind nicht als unveränderlich aufzufassen, da Versuche zwischen verschiedenen Abnahmepunkten gewisse Differenzen erkennen lassen. Für das Hauptsegment des S1 bemerken die Autoren ein uneinheitliches Erscheinungsbild in den einzelnen Frequenzbereichen (BÖRNERT und BÖRNERT, 1971 d).

2.4.4.3 Beziehung von EKG und PKG

Eine schematische Darstellung des zeitlichen Zusammenhangs von EKG und PKG ist in Abb. 4 gezeigt.

Erster Herzton

Das Hauptsegment des S1 beginnt laut BÖRNERT (1967) etwa am Ende des Kammerinitialkomplexes, oftmals nach Ende der QRS-Gruppe. Bei herzgesunden Schweinen stellt sich das Vorsegment des S1 0,03 s nach dem QRS-Komplex dar (BÖRNERT und SEIDEL, 1964). SCHÜTZ (1929) beschreibt beim Menschen den Beginn des S1 fast stets zum Zeitpunkt des aufsteigenden Schenkels der R-Zacke, meist unmittelbar vor der Spitze von R. Beim Pferd wird der S1 in vier Komponenten unterteilt, wobei der Hauptausschlag 0,05 +/- 0,01 s nach Beginn des QRS-Komplexes auftritt (VANSELOW et. al., 1978).

Zweiter Herzton

Der zweite Herzton erscheint meist wesentlich später als das Ende der T-Zacke, nur bei einer relativ kleinen Zahl von Tieren fällt er mit dem Ende der T-Zacke zusammen. Eine Verzögerung des S2 zum Ende der T-Zacke von 0,03 s stellen THIELSCHER und FLOCK (1968) fest. Höchstens 0,02 s vor oder nach dem Ende der T-Welle tritt im humanen PKG der S2 auf (HOLLDACK und WOLF, 1974).

Dritter Herzton

Der S3 tritt beim Menschen in einem Zeitabstand von 0,13 s nach dem S2 auf (AUNGER, 1957). SCHÜTZ (1929) erklärt, dass der dritte Herzton nie unter 0,11 s nach dem zweiten Herzton auftritt. Bei einer Schallerscheinung unterhalb dieser zeitlichen Grenze handelt es sich um einen gespaltenen zweiten Herzton. Beim Hund beschreiben KVART und HÄGGSTRÖM (2002) das Auftreten des S3 0,01-0,015 s nach dem S2.

Vierter Herzton

ORIAS und BRAUN-MENENDEZ (1939) setzten im Tierversuch ein Mikrophon auf den Vorhof auf und konnten so, parallel zu dessen Kontraktion registrierbar, 0,04-0,06 s nach Beginn der P-Zacke den S4 identifizieren. Das Auftreten des S4 beim Menschen wird von SCHÜTZ (1958) während oder kurz nach der P-Zacke beschrieben. Er endet meist vor dem S1, durchschnittlich 0,04-0,05 s nach der P-Spitze. Der vierte Herzton tritt beim Menschen 0,05-0,10 s nach Anfang der Vorhofschwankung im EKG auf (HOLLDACK und WOLF, 1967).

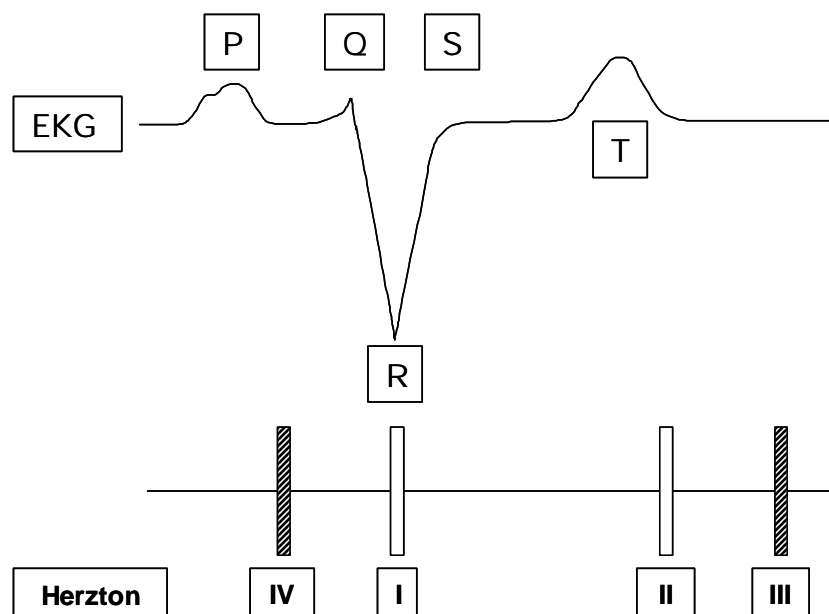


Abb. 4: Schematische Darstellung des zeitlichen Zusammenhangs eines EKGs (obere Kurve) und der Abbildung der Herztöne 1-4 in einem PKG (unten im Bild), modifiziert nach BÖRNERT und BÖRNERT (1971 b)

2.4.4.4 Herzgeräusche und Phonokardiographie

Herzgeräusche, die oftmals eine deutlich geringere physikalische Intensität als Herztöne aufweisen, liegen in einem Frequenzbereich von 200 bis 400 Hz (BÖRNERT und BÖRNERT, 1971 c). Die bei der Phonokardiographie des Pferdes

relevanten Schwingungen liegen zwischen 10 und mehreren hundert Hz (ZICHNER, 1968).

Bei verschiedenen kardiologischen Krankheitsbildern kann es zu einer zeitlichen Trennung der beiden für den zweiten Herzton verantwortlichen Anteile kommen. Beträgt das zeitliche Intervall zwischen Aortenklappenschluss und Pulmonalklappenschluss bis zu 0,06 s, spricht man von einer Spaltung, bei einer längeren Trennung von einer Dopplung des zweiten Herztones (WAGNER, 1985).

HOLLDACK und WOLF (1974) deuten darauf hin, dass Herzgeräusche, mit Ausnahme des musikalischen HGs, nicht nur in einem Filter erscheinen, so dass der weite Abstand der einzelnen Amplitudenlinien bei den tiefen Frequenzen hinreichend Gelegenheit zur frequenzanalytischen Betrachtung lässt.

Ein physiologisches, systolisches Herzgeräusch, welches sich auch im PKG darstellt, erwähnen mehrere Autoren bei Jugendlichen (HOLLDACK und WOLF, 1974; AHLSTORM et. al., 2006) und Hundewelpen unter 16 Wochen (HEIENE et. al., 2000; KVART und HÄGGSTRÖM, 2002). HEIENE et. al. (2000) definieren das physiologische HG als frühsystolisch, nur im 400 Hz Filter darstellbar und mit einer maximalen Dauer von 50 % des S1 – S2 - Intervalls.

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Material und Methoden

3.1.1 Vorversuch

Im Verlauf eines Vorversuchs wurden zunächst Grundeinstellungen der Geräte und Toleranz der Tiere den Gerätschaften gegenüber geprüft. Des Weiteren wurden Schwellenwerte (SW) (siehe Kap. 3.1.1.3) ermittelt, die in der vorliegenden Arbeit zur Abgrenzung von „phonokardiographischen Herzgeräuschen“ und „Grundrauschen“ dienten.

3.1.1.1 Probanden

Die Probanden (n = 20) wurden aus dem Patientengut der Klinik für Wiederkäuer im Zeitraum von Oktober 2005 bis September 2006 ausgewählt. Diese willkürliche Auswahl beschränkte sich auf Tiere \geq zwei Jahre alt. Sie erfolgte, sobald die Bedingungen des Klinikalltags die Durchführung des Versuchs erlaubten. Folgende Exklusionskriterien wurden festgesetzt:

- Festliegen
- mittel- bis hochgradige Lahmheit
- mittel- bis hochgradige pathologische Lungenbefunde
- ausgeprägte Unruhe
- sonstige Gründe, die dem Verbringen der Tiere in den Untersuchungsstand entgegenstanden

3.1.1.2 Versuchsablauf

Erhebung der vorberichtlichen Angaben

Die anamnestischen Angaben (siehe auch Abb. 5) bezüglich Gewichtsverlust, Leistungsrückgang, Fieber und Lahmheit, wurden in einem Gespräch mit dem Besitzer erfragt.

Befunderhebung

Zur klinischen Befunderhebung wurden die Tiere in einen geschlossenen Raum in einen flexiblen Zwangsstand verbracht. Die Herzregion wurde beidseits großflächig ausgeschoren. Eine Allgemeinuntersuchung wurde nach den Richtlinien für die klinische Untersuchung des Rindes (STÖBER und GRÜNDER, 1990) anhand eines Befundbogens (siehe Abb. 5) von immer der gleichen Person (Untersucher 1) durchgeführt:

- Adspektion der Vv. jugulares, des Triels, der Schleimhäute und der Episkleralgefäße (ESG)

Hierbei wurde darauf geachtet, dass bei der Beurteilung der Vv. jugulares die Tiere nicht mit gesenktem Kopf betrachtet wurden. Das Rind sollte den Kopf frei tragen, so dass sich das Flotzmaul in Höhe des Buggelenkes befand. Zur Beurteilung der Schleimhäute wurden die des Mauls und die der Augen herangezogen.

- Palpation der Herzregion, der Vv. jugulares, der Eutervenen, Messen der peripheren Pulsfrequenz

Die Palpation der Herzregion wurde mit der flachen Hand ausgeführt. Festgehalten wurde, ob ein Vibrieren, Schaben, Kratzen oder ein Herzstoß fühlbar waren. Während der Stauung der Vv. jugulares wurde die Staubarkeit des herzfernen Anteils und die Entleerung des herznahen Anteils der Venen beurteilt. Fand eine schlechte oder keine Entleerung der Vene statt, wurde der entsprechende Venenanteil zum Herz hin ausgestrichen. Sowohl die Durchführbarkeit dessen, als auch

ein erneutes Füllen dieses Venenanteils wurde beurteilt. Die periphere Pulsfrequenz wurde zeitgleich an den Arteria faciales beiderseits des Rinderkopfs (beidhändig) bestimmt. Periphere Puls- und Herzfrequenz wurden als übereinstimmend gewertet, wenn die Differenz ≤ 4 Schläge pro Minute betrug.

- Auskultation des Herzens

Bei der Auskultation des Herzens wurden Intensität, Rhythmus und Abgesetztheit durch Untersucher 1 beurteilt. Die Einteilung der Herzgeräuschintensität in Grade 1-6 nach den Richtlinien der New York Heart Association (siehe Kap. 2.3.2), erfolgte durch Untersucher 1 und einer weiteren stets gleich bleibenden Person (Untersucher 2). Diese Bewertung erfolgte unabhängig voneinander, eine Kommunikation fand währenddessen nicht statt. Der von Untersucher 1 platzierte Stethoskopkopf wurde während der Beurteilung in Position gehalten, lediglich das Ohrteil des Stethoskops wurde an Untersucher 2 weitergegeben. Des Weiteren wurden Herzgeräusche in systolisch oder diastolisch eingeteilt. Das Fehlen eines auskultierbaren Herzgeräusches wurde als Grad 0 definiert. Bei der Beurteilung der Herztöne wurden beispielsweise doppelte oder gespaltene Töne erfasst.

Die während des Klinikaufenthalts gestellten Diagnosen wurden zur Auswertung in neun Gruppen zusammengefasst, wobei pro Tier Mehrfachnennungen möglich waren. (Eine Auflistung der einzelnen Diagnosen befindet sich im Anhang.) Das Körpergewicht der Tiere wurde mittels einer Großviehwaage (WAGMA, Schenefeld; Einwaage von 10 bis 1000 kg, die Teilung beträgt 0,5 kg) am Tag der Einstellung in die Klinik ermittelt. Sollte dies nicht der Fall gewesen sein, so wurden die Tiere am Tag des Versuchs gewogen.

Die rektale Körpertemperatur wurde im Rahmen der täglichen Untersuchung gemessen und aus der Patientenakte übernommen.

Befundbogen

Kliniknr.:

Datum:

Untersucher/in:

Vt.-Nr:

Gewicht:

Alter:

Rasse:

Temp.:

Geschlecht:

☐ weibl.☐ (☐ trächtig / ☐ nicht trächtig)☐ männl.

Ernährungszustand:

☐ kachektisch☐ schlecht☐ mäßig☐ gut☐ adipös**Vorbericht:**☐ Gewichtsverlust☐ Leistungsrückgang☐ Lahmheit☐ Fieber**Diagnosen:** _____**Adspektion von links:**

V. jugularis:

☐ unauffällig☐ gestaut☐ pulsierend

Triel:

☐ unauffällig☐ ödematös☐ abweichende Form: _____

Schleimhäute:

☐ zyanotisch☐ blass☐ blass-rosa☐ rosa☐ gerötet☐ ikterisch

ESG:

☐ fein gez.☐ deutlich gez.☐ injiziert☐ verwaschen

Sonstiges: _____

Palpation von links:

Herzregion:

Vibrieren/Schaben/Kratzen:

☐ spürbar☐ nicht spürbar

Jugularvenen:

staubar

☐ gut☐ schlecht

laufen leer

☐ gut☐ schlecht☐ ausstreifbar / ☐ nicht☐ füllen sich wieder / ☐ nicht

periphere Pulsfrequenz: _____/min

Herzstoß:

☐ nicht spürbar☐ leicht spürbar☐ kräftig spürbar

Sonstiges: _____

Auskultation von links:

Herzfrequenz: _____/min

Übereinstimmung mit peripherer Pulsfrequenz:

☐ ja☐ nein

Intensität:

☐ kräftig☐ dumpf☐ pochend

Rhythmus:

☐ regelmäßig☐ unregelmäßig

Abgesetztheit:

☐ gut☐ mäßig☐ schlecht☐ nicht

Herztöne:

☐ unauffällig☐ verändert: _____

Herzgeräusche:

☐ systolisch☐ diastolisch

Grad

☐ 1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐ 6

Charakter des HGs: _____

Adspektion von rechts:

V. jugularis: ☐ unauffällig ☐ gestaut ☐ pulsierend
 ESG: ☐ fein gez. ☐ deutlich gez. ☐ injiziert ☐ verwaschen
 Sonstiges: _____

Palpation von rechts:

Herzregion: Vibrieren/Schaben/Kratzen: ☐ spürbar ☐ nicht spürbar
 Jugularvenen: staubar ☐ gut ☐ schlecht
 laufen leer ☐ gut ☐ schlecht ☐ ausstreifbar / ☐ nicht
☐ füllen sich wieder / ☐ nicht
 Herzstoß: ☐ nicht spürbar ☐ leicht spürbar ☐ kräftig spürbar
 Sonstiges: _____

Auskultation von rechts:

Intensität: ☐ kräftig ☐ dumpf ☐ pochend
 Rhythmus: ☐ regelmäßig ☐ unregelmäßig
 Abgesetztheit: ☐ gut ☐ mäßig ☐ schlecht ☐ nicht
 Herztöne: ☐ unauffällig ☐ verändert: _____
 Herzgeräusche: ☐ systolisch ☐ diastolisch
 Grad ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6
 Charakter des HGs: _____

Abb. 5: Untersuchungsprotokoll für die klinische Untersuchung

ESG = Episkleralgefäße,
 gez. = gezeichnet
 HG = Herzgeräusch
 Temp = Temperatur

Blutuntersuchung

Zusätzlich zu den klinischen Befunden wurden die Ergebnisse einer labordiagnostischen Blutuntersuchung, die im Rahmen der Eingangsuntersuchung der Klinik für Wiederkäuer routinemäßig durchgeführt wird, berücksichtigt. In die Auswertung flossen folgende Parameter ein:

Hämoglobin-Wert, Hämatokrit-Wert, Elektrolytkonzentrationen (Calcium, Chlorid, Kalium, Natrium) wurden mit dem Blutgasgerät Rapidlap 865 (Firma Bayer Health Care, Fernwald) gemessen. Die Thrombozytenzahl wurde mit Sysmex F-820 (Firma Sysmex Medical Electronics GmbH Deutschland, Norderstedt) bestimmt. Eine

Glutaraldehydprobe wurde an Hand des Glutarsel-Tests (Firma Selectavet, München) nach Herstellerangaben durchgeführt.

Folgende Referenzwerte wurden in der vorliegenden Arbeit zu Grunde gelegt (in Anlehnung an GRÜNDER 2002):

Hämoglobin (HB) [g/dl]	10 – 13
Hämatokrit (HKT) [%]	30 – 36
ionisiertes Calcium (Ca) [mmol/l]	1 – 1,3
Chlorid (Cl) [mmol/l]	90 – 105
Kalium (K) [mmol/l]	4 – 5
Natrium (Na) [mmol/l]	135 - 150
Thrombozyten [Giga/l]	200 – 800
Glutaraldehydprobe [min]	> 15 min

Phonokardiographie und Elektrokardiographie

Zur Erstellung des EKGs wurden die in Kap. 2.1.1.1 beschriebenen Ableitungen und Ableitungspunkte nach SPÖRRI (1944) angewendet. Die entsprechenden Hautstellen wurden rasiert und anschließend mit Alkohol entfettet. Befestigt wurden die Elektroden mit Krokodilklemmen an 45 mm mal 28 mm großen Klebepads des Typs 459 (Firma Dahlhausen, Köln). Verhielt sich das Rind ruhig, wurde mit Hilfe eines Strickes versucht, die Vordergliedmaße der zu untersuchenden Seite in eine vorgestellte Position zu verbringen. Auf diese Weise war es leichter möglich, mit dem elektronischen Stethoskopkopf die vier zu auskultierenden Lokalisationen je Körperseite aufzusuchen (siehe Tab. 1, Abb. 6).

Tab. 1: Beschreibung der auskultierten Lokalisationen und deren Benennung

Ort 1	links 3. ICR dorsal	Ort 5	rechts 3. ICR dorsal
Ort 2	links 3. ICR ventral	Ort 6	rechts 3. ICR ventral
Ort 3	links 4. ICR dorsal	Ort 7	rechts 4. ICR dorsal
Ort 4	links 4. ICR ventral	Ort 8	rechts 4. ICR ventral

ICR = Intercostalraum

dorsal = auf der Höhe der halben Strecke zwischen Bug- und Ellenbogengelenk

ventral = auf Höhe der Grenze der beiden distalen Viertel der Strecke zwischen Bug- und Ellenbogengelenk

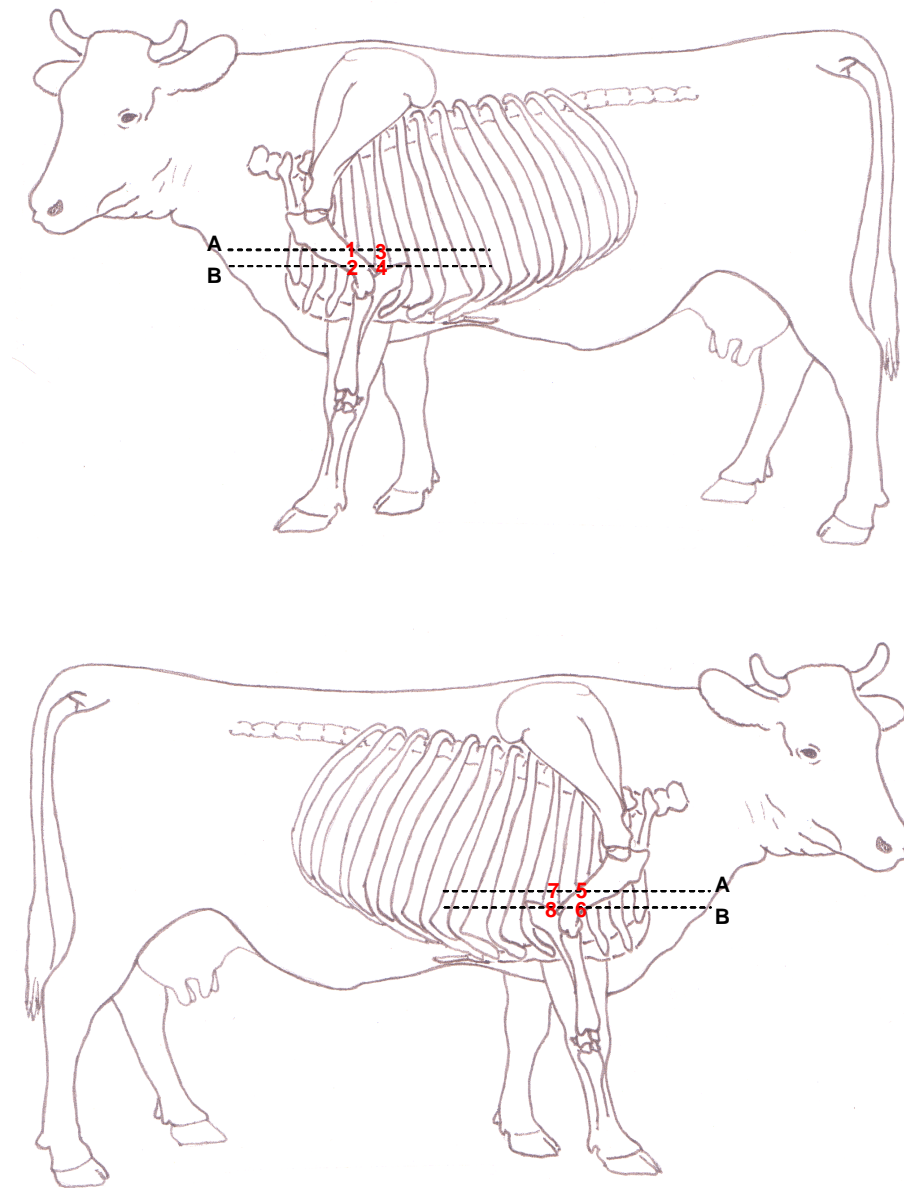


Abb. 6: Schematische Darstellung der auskultierten Lokalisationen der linken (oben) und der rechten Körperseite (unten), modifiziert nach ZIETZSCHMANN (1977), A und B stellen gedachte Hilfslinien dar:

A = „dorsal“ = Halbe Strecke zwischen Bug- und Ellenbogengelenk

B = „ventral“ = Grenze der beiden distalen Viertel der Strecke zwischen Bug- und Ellenbogengelenk

1 = dritter ICR, dorsal; 2 = dritter ICR, ventral; 3 = vierter ICR, dorsal; 4 = vierter ICR, ventral; 5 = dritter ICR, dorsal; 6 = dritter ICR, ventral; 7 = vierter ICR, dorsal; 8 = vierter ICR, ventral

Waren die Herztöne oder/und das Herzgeräusch gut wahrzunehmen, konnte eine Sequenz von mehreren Sekunden (ca. 10-25 s) als wave-Datei aufgenommen werden. Umgesetzt wurde dies mit dem Meditron Analyzer 4.0 (Firma Welch Allyn GmbH & Co. KG, Jungingen). Die zugehörige Software bietet die Möglichkeit, zwischen vier Frequenzbereichen [50 Hz (low = L), 100 Hz (medium 1 = M1), 200 Hz (medium 2 = M2) und 400 Hz (high = H)] zu wählen. Zur Aufzeichnung konnte die Filtereinstellung (Nominalfilter) gewählt werden, bei der man die besten Auskultationsergebnisse erzielte. Diese Einstellung spielte für die spätere Darstellung keine Rolle. Die aufgezeichnete Sequenz konnte im Nachhinein in jeder Hz Darstellung visualisiert werden. Die Bedienung der Software während der Aufnahme erfolgte an einem Laptop auf Handzeichen des Untersuchers 2 von einer Hilfsperson.

3.1.1.3 Auswertung

Die Auswertung der aufgezeichneten Daten erfolgte in dieser Reihenfolge:

Auswahl von Phonokardiogramm-Sequenzen

Eine erste Auswahl der PKG fand bereits während der Aufzeichnung durch den Untersucher 2 statt. Durch parallele Visualisierung auf einem Laptopmonitor konnte der Auskultationsbefund in Form der PKG-Kurve verfolgt werden. Diese, auf Mustererkennung basierende Beurteilung, ermöglichte dem Untersucher 2 das umgehende Identifizieren von auskultierten Störgeräuschen, wie zum Beispiel Wiederkauen, Ruktus, laute Darmmotorik oder Geräusche aus der Umgebung. Aufzeichnungen, die derartige Sequenzen enthielten, wurden entweder abgebrochen und wiederholt, oder direkt im Anschluss an die Aufzeichnung verworfen. Waren nach eineinhalb Stunden (gesamter Zeitraum der Aufnahmen) noch kein auswertbares PKG eines Ortes (aus vom tierausgehenden Gründen) erstellt, wurde der Versuch abgebrochen. Diese Umstände führten dazu, dass von einigen Aufnahmeorten mehrere, von anderen keine störungsfreien Aufzeichnungen erstellt werden konnten.

Die sich anschließende weiterführende Auswahl von PKG-Sequenzen erfolgte an Hand der zugehörigen Software von Welch Allyn. Die einzelnen Sequenzen der jeweiligen Orte wurden auf einem Laptopmonitor dargestellt (siehe Abb. 7). Zur Beurteilung wurden Form und Gleichförmigkeit des EKGs (Verlauf entlang der isoelektrischen Linie), regelmäßiges Erscheinungsbild der Herzton darstellenden Amplituden im PKG und andere wiederkehrende Erscheinungsformen von Amplituden herangezogen. An Hand dieser Kriterien wurden drei aufeinander folgende Herzzyklen ausgewählt, deren Beginn und Ende am EKG abgelesen wurde. Die P – Zacken – Ablenkung von der isoelektrischen Linie des ersten Herzzyklus ist als Anfang, die des darauf folgenden vierten Herzzykluses als Ende definiert. Diese ausgewählte Sequenz konnte um einen, von der Software vorgegebenen Faktor vergrößert (entlang der X – Achse), auf Millimeterpapier ausgedruckt und so für die weiterführende Auswertung verwendet werden. Konnte jedoch keine solche Sequenz in einem PKG gefunden werden, wurde das PKG nicht zur Auswertung herangezogen.

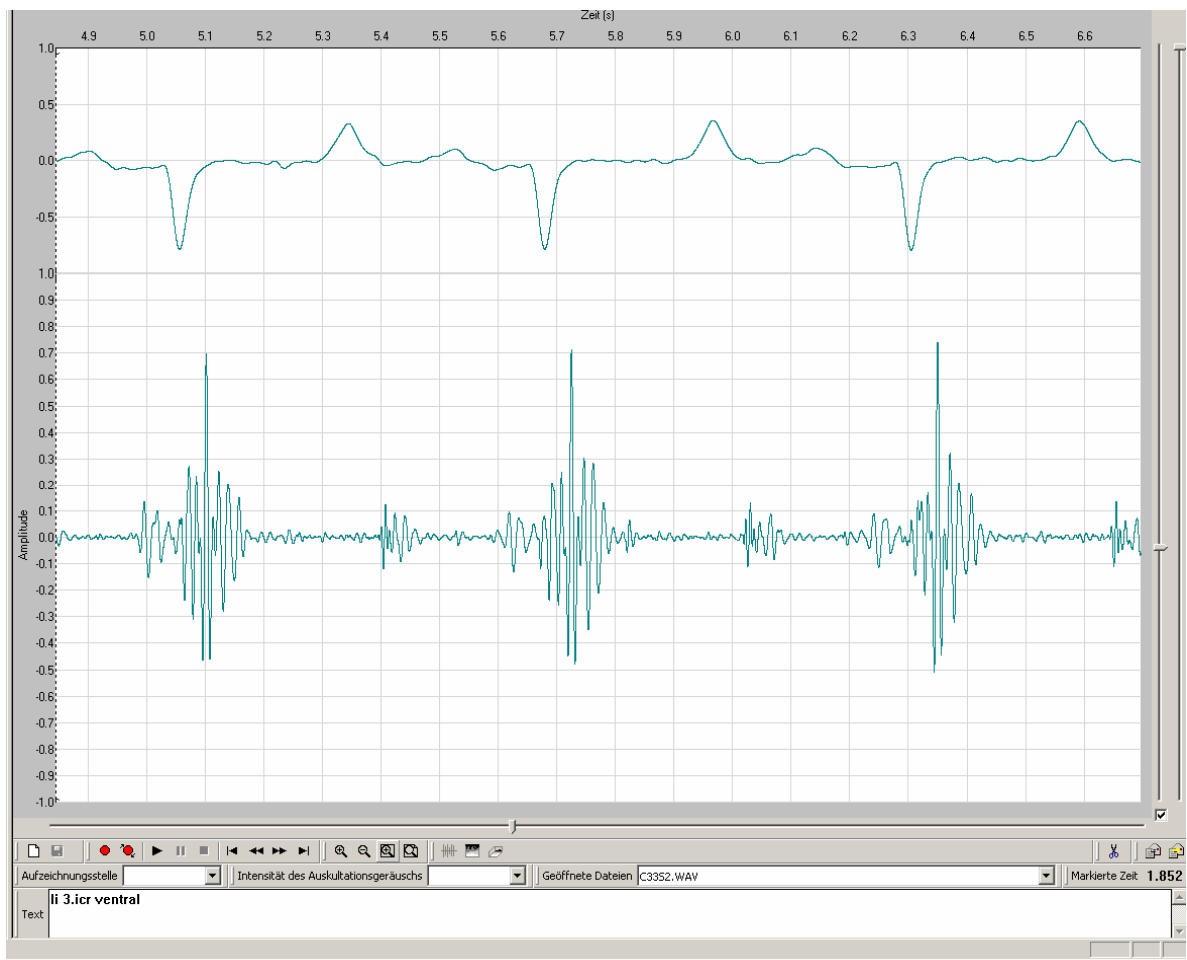


Abb. 7: Bildschirmansicht: Beispiel einer auf drei Herzaktionen vergrößerten Darstellung eines EKGs (obere Kurve) und PKGs (untere Kurve, 100 Hz), Ort 2, druckfertig

Definition Grundrauschen

Im Rahmen des Vorversuchs konnte bei allen untersuchten Tieren ein Herzgeräusch meist links im dritten Intercostalraum dorsal und/oder ventral auskultiert werden. Hierbei waren alle HG-Grade vertreten. In den phonokardiographischen Darstellungen war es stets möglich, den Beginn der Herztöne mit Hilfe des EKGs festzulegen. Von den Herztönen deutlich differenzierbar, stellten sich Amplituden kleineren Ausschlags in unterschiedlicher Ausprägung in den Zeiträumen zwischen den Herztönen dar (im Folgenden Grundrauschen genannt). Offen war, wie man Herztöne, Herzgeräusche und Grundrauschen voneinander abgrenzen kann,

zumal in der Literatur keine Angaben zur Dauer und zum Verlauf der einzelnen Herztöne im Phonokardiogramm mit der hier verwendeten Technik zu finden waren. Bei der Befunderhebung wurden nur systolische Herzgeräusche auskultiert, so dass der Zeitraum zwischen zweitem und erstem Herzton zur Bestimmung eines Schwellenwertes herangezogen wurde. Dieser Schwellenwert diente als Abgrenzung von Geräuschen (Herzgeräuschen) zum Grundrauschen. Amplituden, deren Werte im positiven Bereich den Schwellenwert überschritten, im negativen Bereich unterschritten, wurden in der vorliegenden Arbeit als phonokardiographisches Herzgeräusch definiert. Abb. 8 stellt diese Definition schematisch dar.

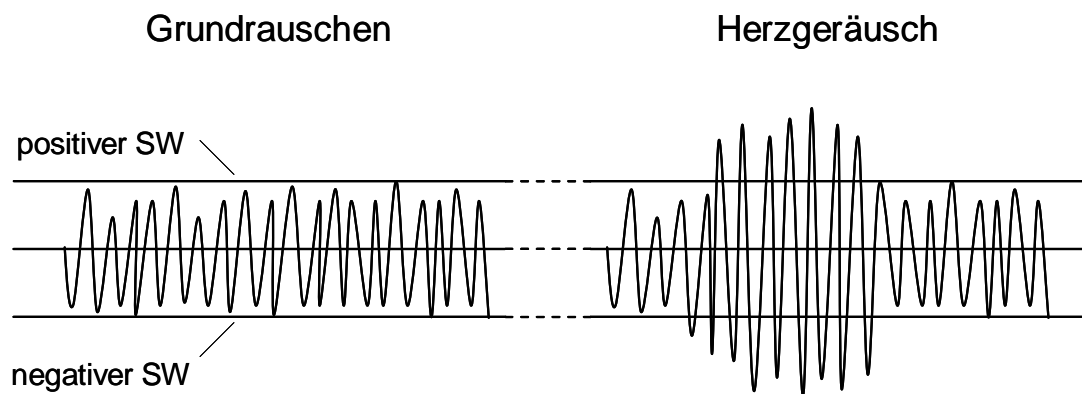


Abb. 8: Amplituden eines PKGs schematisch dargestellt zur Veranschaulichung der Definition „Herzgeräusch“:

- | | |
|--------------|---|
| Bild links: | Die Amplituden überschreiten die Schwellenwerte (SW) nicht
= Grundrauschen |
| Bild rechts: | Die Amplituden überschreiten die Schwellenwerte
= Herzgeräusch |

Ermittlung der Schwellenwerte

Das Ziel war es, aus den Daten des Vorversuchs einen allgemeingültigen Schwellenwert (SW) pro Aufnahmeort (acht Orte), pro Frequenz (50 Hz, 100 Hz), jeweils für Amplituden-Maxima und -Minima zu ermitteln. Dazu wurden bei allen Tieren des Vorversuchs pro Aufnahmeort und Frequenz, jeweils sowohl im positiven als auch im negativen Bereich, die Zeitabschnitte zwischen dem zweiten und dem ersten Herzton von zwei aufeinander folgenden Herzaktionen zur Ermittlung des Schwellenwertes herangezogen. In diesem Abschnitt wurde im PKG jeweils im positiven als auch im negativen Bereich eine Parallele zur Nulllinie gezogen, auf der die Mehrzahl der Amplituden-Maxima (im positiven Bereich) und der Amplituden-Minima (im negativen Bereich) lagen. Die auf diese Art und Weise ermittelten Werte wurden elektronisch erfasst (Microsoft Office Excel, 2003) und mittels SPSS (SPSS Incorporation, V14.0, deutsch) visuell in Boxplots dargestellt. Die Box enthielt 50 % der Werte (zwei Quartile) inklusive des Medians. Die Länge der Box entsprach dem Interquartilbereich. Die „Whiskers“ (T-Balken) stellten „Extremwerte“ dar und vermittelten einen Eindruck, wie weit die restlichen 50 % der Werte (Extremwerte innerhalb des 1,5-fachen Interquartilabstands) streuten (HARMS, 1998). Extremwerte außerhalb dieses 1,5 Interquartilbereichs wurden als Ausreißer dargestellt (in Form eines *, wenn die Werte außerhalb des dreifachen Interquartilabstandes lagen, sonst als °). Diese Ausreißer wurden eliminiert, Mittelwerte und 95 % Konfidenzintervalle (KI) aus den Werten aller Tiere sowohl für jeden Aufnahmeort als auch für die Frequenzen 50 Hz und 100 Hz (positiv und negativ) ermittelt. Für das weitere Verfahren wurden für die im Positiven liegenden Werte die obere Grenze des KI, für die im Negativen liegenden Werte die untere Grenze des KI als Schwellenwerte festgesetzt (siehe Kap. 3.2.1, Tab. 3 a, b).

3.1.2 Hauptversuch

3.1.2.1 Probanden

Die Probanden ($n = 20$) wurden aus dem Patientengut der Klinik für Wiederkäuer im Zeitraum von September 2006 bis Juni 2007 ausgewählt. Es wurden dieselben Inklusions- und Exklusionskriterien wie für den Vorversuch (siehe Kap. 3.1.1.1) herangezogen.

3.1.2.2 Versuchsablauf

In Anlehnung an den Versuchsablauf des Vorversuches wurden die vorberichtlichen Angaben im Aufnahmegespräch mit dem Besitzer erhoben. Das Verbringen der Probanden, deren Vorbereitungen für den Versuch, die Befunderhebung und auch die Aufzeichnung der PKG erfolgte nach dem gleichen Schema wie im Vorversuch (Kap. 3.1.1.2).

3.1.2.3 Auswertung

Auswahl von Phonokardiogramm-Sequenzen

Die Auswahl der auszuwertenden Phonokardiogramm-Sequenzen erfolgte nach dem in Kap. 3.1.1.3 beschriebenen Schema. Im Anschluss daran wurde die ausgewählte Sequenz erneut vergrößert, so dass sich die Darstellung auf zwei der drei Herzzyklen beschränkte. Zur Illustration ist ein Abbild der PKG-Darstellung am PC in der Abb. 9 gezeigt.

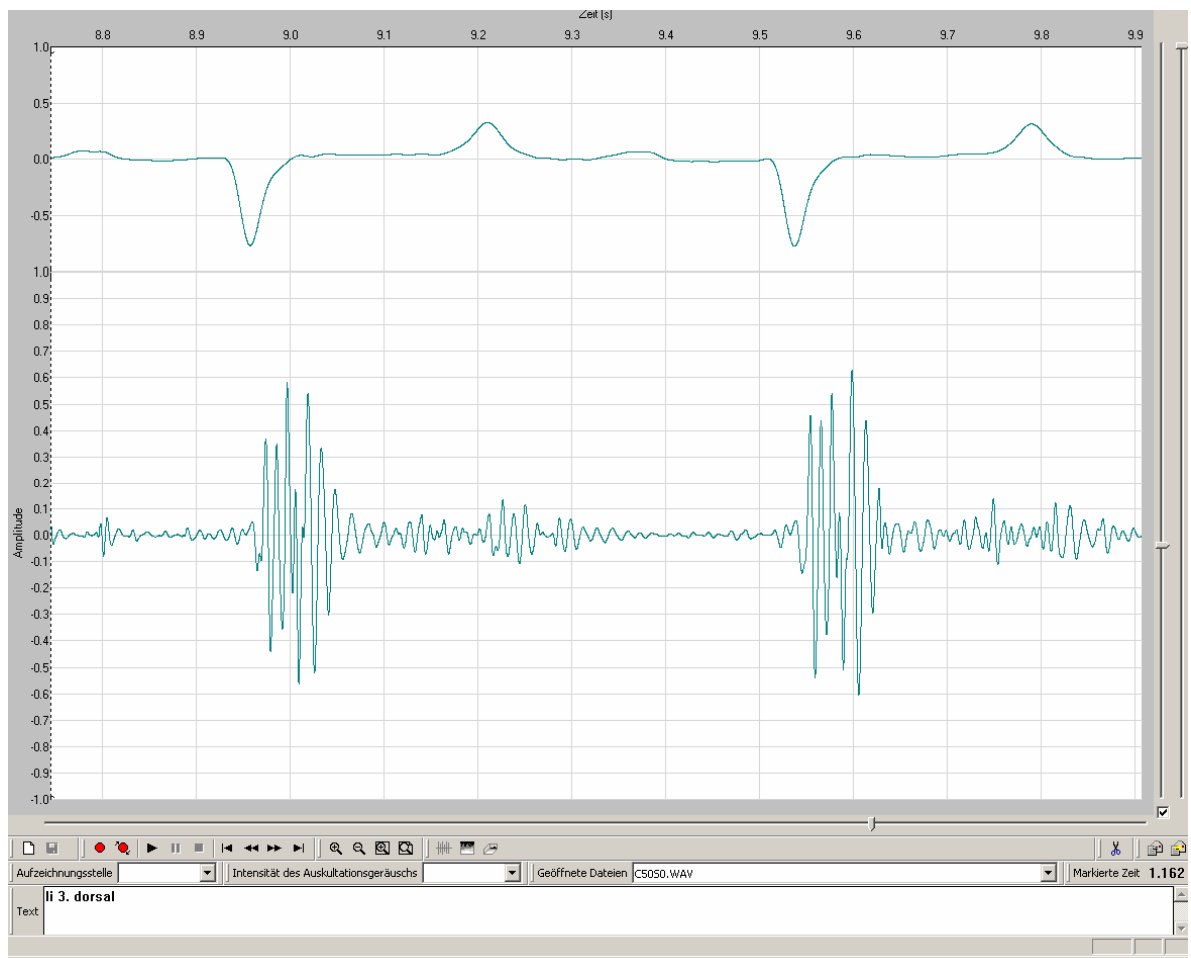


Abb. 9: Bildschirmansicht: Beispiel einer auf zwei Herzaktionen vergrößerten Darstellung eines EKGs (obere Kurve) und PKGs (untere Kurve, 100 Hz), Ort 1, druckfertig

Weiteres Vorgehen

Für jeden Aufnahmeort wurde eine ausgewählte Sequenz in der 50 Hz und der 100 Hz Darstellung auf Millimeterpapier gedruckt. Die im Vorversuch ermittelten Schwellenwerte (siehe Tab. 3 a, b) wurden in die jeweiligen Ausdrucke eingezeichnet. Bei allen PKG wurden Systole und Diastole auf der Zeitachse eingezeichnet. Beginn der Systole und damit auch Ende der Diastole war die im EKG ablesbare beginnende Ablenkung von der isoelektrischen Linie der R-Zacke. Das Ende der Systole wurde durch den Beginn der Diastole gekennzeichnet, nämlich das Ende der T-Zacke. Beide Zeitabschnitte (Systole und Diastole) wurden nun in

10 (in der 50 Hz Darstellung), bzw. 20 (in der 100 Hz Darstellung) gleiche Intervalle unterteilt. Dieses Vorgehen ist in Abb. 10 beispielhaft skizziert.

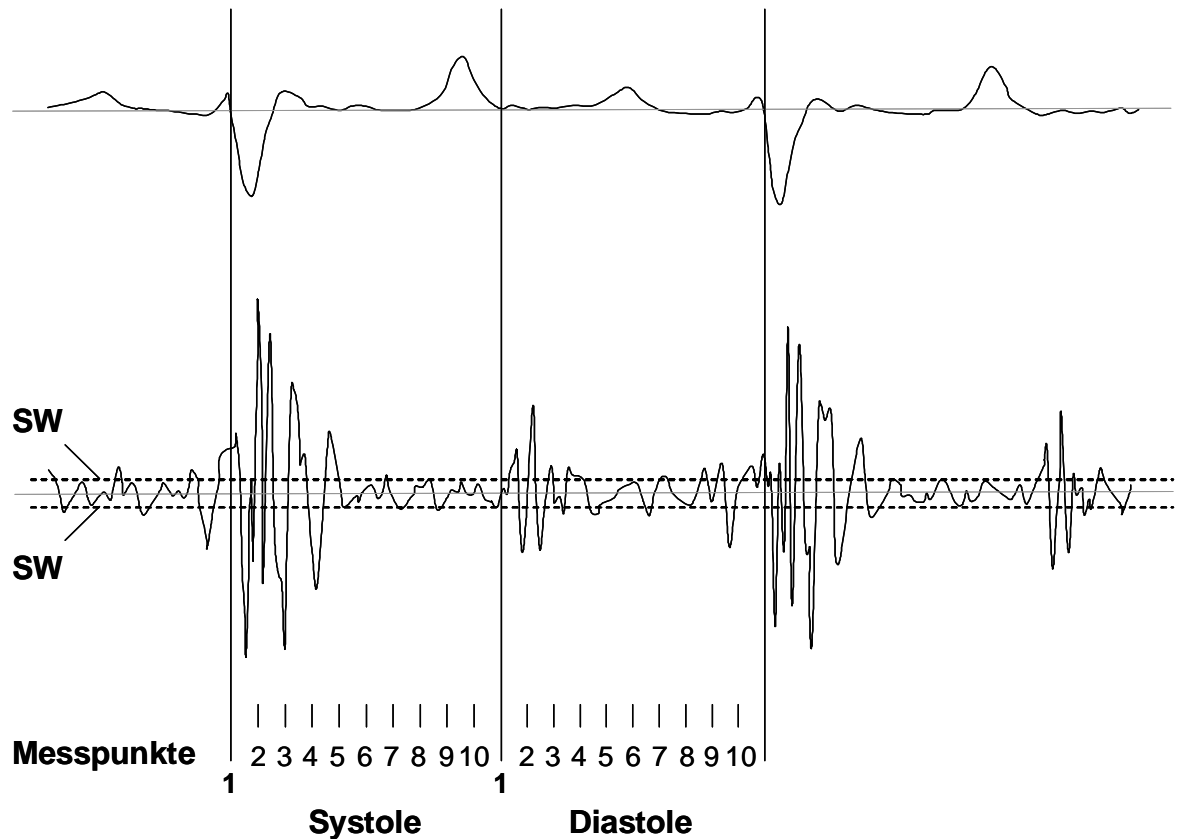


Abb. 10: Schematische Darstellung einer auszuwertenden EKG-/PKG- (50 Hz) Sequenz

Oben im Bild ist das EKG, unten im Bild das PKG mit dem positiven und dem negativen Schwellenwert dargestellt. Die Unterteilung in Systole und Diastole fand anhand des EKGs statt. Im nächsten Schritt wurden sowohl Systole, als auch Diastole in je 10 gleiche Intervalle unterteilt. In der 100 Hz Darstellung wurden Systole und Diastole in jeweils 20 Intervalle unterteilt.

An Hand der 10 bzw. 20 Messpunkte, die durch die eingezeichneten Intervalle entstehen, wurden die Amplituden und deren SW-Überschreitungen wie folgt abgelesen:

Jeweils das auf einem Messpunkt liegende Amplituden-Maximum (im positiven Bereich) und -Minimum (im negativen Bereich) wurde ausgemessen. In den Fäl-

len, in denen kein Maximum oder/und Minimum auf einem Messpunkt lag, wurde das Amplituden-Maximum und Minimum abgelesen, das im dazugehörigen Intervall unmittelbar auf den Messpunkt folgte. Überschritt eine Amplitude den SW, wurde der abgelesene Wert in Millimeter in eine Tabelle (Tab. 2) übertragen (Abb. 11, Möglichkeit A). War kein Amplituden-Maximum oder/und -Minimum in einem Intervall abgebildet, wurde kein Wert eingetragen (Abb. 11, Möglichkeit C für den negativen Bereich). Bei Amplituden innerhalb der Schwellenwerte wurde ein Nullwert verzeichnet (Abb. 11, Möglichkeit B).

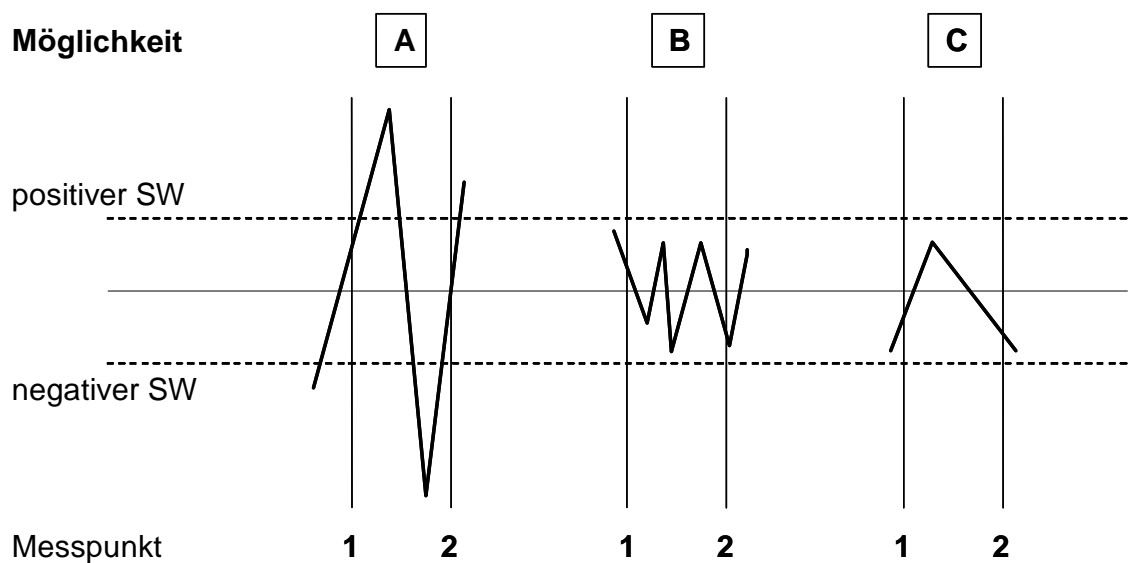


Abb. 11: Beispielhafte Darstellung von drei Möglichkeiten beim Ablesen der Amplituden

A Hier überschreiten beide Amplituden die SW, die Amplituden werden ausgemessen, und die Werte für den Messpunkt 1 entsprechend in einer Tab. vermerkt.

B Hier überschreitet keine Amplitude die SW, es wird für den Messpunkt 1 je eine Null verzeichnet.

C Hier gibt es nur ein Amplituden-Maximum, welches den SW nicht überschreitet, es wird (für den positiven Bereich) eine Null eingetragen. Im negativen Bereich ist im abgebildeten Intervall kein Amplituden-Minimum, es wird kein Wert verzeichnet; das entsprechende Feld in der Tab. bleibt leer.

Tab. 2: Mustertabelle zum Eintragen der abgelesenen Schwellenwert-Überschreitungen pro Intervall für eine 50 Hz Darstellung

		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Amplituden [mm]	pos										
	neg										
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
	pos										
	neg										

Die Tabelle für die 100 Hz Darstellung enthält entsprechend mehr (insgesamt 20) Spalten.

S = Systole + Messpunkt-/Intervallnummer

D = Diastole + Messpunkt-/Intervallnummer

Aus diesen Werten wurde der Anteil der Tiere (nach HG-Graden) mit Ausschlägen zu den einzelnen Messpunkten berechnet und graphisch dargestellt. Dabei wurden Tiere mit leichtem Herzgeräusch (HG-Grad 0-2) mit denen mit schweren Herzgeräuschen (HG-Grad 5-6) pro Aufnahmeort, pro Frequenz, pro Systole/Diastole, pos/neg verglichen.

Eine Stichprobenplanung für den Vergleich von zwei Proportionen wurde mittels Piface (Lenth, 2006) durchgeführt. Um einen Unterschied von 60 % der Tiere mit Ausschlag in einer Gruppe und 100 % der Tiere mit Ausschlag in der anderen Gruppe als statistisch signifikant zu erkennen, benötigt man 21 Tiere pro Gruppe. Den Unterschied von 80 % auf 100 % wird mit 50 Tieren pro Gruppe als statistisch signifikant erkannt. Einen Unterschied von 20 % auf 80 % wird schon mit 13 Tieren pro Gruppe als statistisch signifikant erkannt.

Ebenfalls pro Aufnahmeort, pro Frequenz, pro Systole/Diastole wurde für jedes Tier sowohl für den positiven als auch für den negativen Bereich die Fläche unter der Kurve (AUC) mittels NCSS 2004 (www.ncss.com) berechnet. Als Datenbasis hierfür dienten die Amplitudengrößen [mm], die wie im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, ermittelt wurden. Nachfolgend wurden die Flächen aus dem

positiven und negativen Bereich summiert.

Die Anzahl der Amplituden (außerhalb der SW) pro Aufnahmeort, pro Frequenz, pro Systole/Diastole, pro Tier wurde sowohl für den positiven als auch für den negativen Bereich erfasst. Des Weiteren wurde die durchschnittliche Amplitudengröße dieser über den SW reichenden Ausschläge berechnet. All diese Werte wurden pro HG-Grad mittels Boxplots dargestellt und verglichen. Zusätzlich wurden die HG-Grade in folgende drei Gruppen zusammengefasst: „leicht“ (HG-Grad 0-2), „mittel“ (HG-Grad 3-4) und „schwer“ (HG-Grad 5-6).

Gemäß dieser (HG-) Gruppeneinteilung wurden für die o. g. Werte Boxplots angefertigt. Unterschiede zwischen den Gruppen wurden mittels Kruskal-Wallis oder Mann-Whitney U-Test auf statistische Signifikanz bei einem $\alpha = 0,05$ überprüft.

Die Laborwerte wurden ebenfalls mittels Boxplots zwischen den HG-Graden verglichen. Kreuztabellen wurden für die klinischen Befunde bzw. die Diagnosen und die HG-Grade angefertigt und deskriptiv ausgewertet.

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Ergebnisse Vorversuch

Die im Vorversuch ermittelten Schwellenwerte sind inklusive Mittelwert (MW), Standardabweichung (Stabw) und dem 95 % Konfidenzintervall (KI) (der oberen und unteren Grenze) in Tab. 3 a, b dargestellt. Zur weiteren Auswertung der PKG im Hauptversuch wurden die oberen Grenzen des KI für den jeweiligen positiven Bereich und die unteren Grenzen für den negativen Bereich als Schwellenwerte etabliert. Die SW wurden nur für die Frequenzen 50 Hz und 100 Hz ermittelt. Bei den 200 Hz und 400 Hz Darstellungen konnte nicht in der beschriebenen Art und Weise die Ermittlung der SW durchgeführt werden. Selbst in der verwendeten Vergrößerung sind die Amplituden in den hohen Frequenzbereichen größtenteils nicht als einzelne Amplituden zu identifizieren. Aus diesem Grund konzentriert sich die vorliegende Arbeit auf die 50 Hz und 100 Hz Darstellungen.

Tab. 3a: Im Vorversuch ermittelte Schwellenwerte (SW) für die Aufnahmeorte der linken Körperseite

	Fre- quenz	Ampli- tude	MW [mm]	Stabw	O – KI [mm]	U – KI [mm]	SW [mm]	n
links 3. ICR dorsal	50 Hz	+	1,26	0,45	1,49	1,04	1,5	15
		-	1,55	0,75	1,18	1,93	1,9	15
	100Hz	+	0,77	0,28	0,90	0,63	0,9	16
		-	0,83	0,35	0,66	1,00	1,0	16
links 3. ICR ventral	50 Hz	+	1,25	0,59	1,52	0,98	1,5	18
		-	1,22	0,42	1,03	1,42	1,4	18
	100Hz	+	0,89	0,41	1,08	0,70	1,1	18
		-	0,81	0,3	0,67	0,94	0,9	18
links 4. ICR dorsal	50 Hz	+	1,62	0,69	1,96	1,27	2,0	15
		-	1,48	0,61	1,16	1,80	1,8	14
	100Hz	+	0,68	0,25	0,81	0,55	0,8	14
		-	0,67	0,26	0,53	0,81	0,8	13
links 4. ICR ventral	50 Hz	+	1,522	0,66	1,86	1,19	1,9	15
		-	1,63	0,85	1,20	2,06	2,1	15
	100Hz	+	0,83	0,36	1,03	0,64	1,0	15
		-	0,77	0,38	0,57	0,96	1,0	15

Die SW wurden pro Ort, Frequenz, den positiven [Amplituden-Maxima (+)] und negativen Bereich [Amplituden-Minima (-)] ermittelt.

MW = Mittelwert

Stabw = Standardabweichung

KI = 95 % Konfidenzintervall (O = obere, U = untere Grenze)

n = Anzahl der ausgewerteten Phonokardiogramme

Tab. 3b: Im Vorversuch ermittelte Schwellenwerte (SW) für die Aufnahmeorte der rechten Körperseite

	Fre- quenz	Ampli- tude	MW [mm]	Stabw	O – KI [mm]	U – KI [mm]	SW [mm]	n
rechts 3. ICR dorsal	50 Hz	+	1,67	0,48	1,94	1,39	1,9	12
		-	1,71	0,69	1,34	2,09	2,1	13
	100Hz	+	0,96	0,41	1,18	0,74	1,2	13
		-	1,00	0,40	0,79	1,21	1,2	13
rechts 3. ICR ventral	50 Hz	+	1,30	0,50	1,61	0,99	1,6	10
		-	1,63	0,71	1,19	2,06	2,1	10
	100Hz	+	0,83	0,24	0,97	0,68	1,0	10
		-	0,93	0,37	0,69	1,16	1,2	10
rechts 4. ICR dorsal	50 Hz	+	1,96	0,64	2,47	1,45	2,5	6
		-	1,94	0,13	1,82	2,06	2,1	4
	100Hz	+	1,00	0,00	1,0	1,0	1,0	4
		-	1,15	0,22	0,95	1,35	1,4	5
rechts 4. ICR ventral	50 Hz	+	1,63	0,77	2,24	1,01	2,2	6
		-	1,46	0,46	1,09	1,83	1,8	6
	100Hz	+	1,00	0,00	1,0	1,0	1,0	6
		-	1,00	0,00	1,0	1,0	1,0	5

Die SW wurden pro Ort, Frequenz, den positiven [Amplituden-Maxima (+)] und negativen Bereich [Amplituden-Minima (-)] ermittelt.

MW = Mittelwert

Stabw = Standardabweichung

KI = 95 % Konfidenzintervall (O = obere, U = untere Grenze)

n = Anzahl der ausgewerteten Phonokardiogramme

3.2.2 Ergebnisse Hauptversuch

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der statistischen Auswertung der gewonnenen Daten vorgestellt. Die Beschreibung der verschiedenen Graphiken befindet sich jeweils im unmittelbaren Zusammenhang mit der entsprechenden Darstellung.

3.2.2.1 Stammdaten

Rassezugehörigkeit der Probanden

Dreizehn Probanden gehörten der Rasse „Deutsches Fleckvieh“ an, sechs der Rasse „Deutsches Schwarzbunt“ und ein Tier der Rasse „Deutsches Rotbunt“.

Alter und Geschlecht der Probanden

Das durchschnittliche Alter der Rinder betrug 4,61 Jahre. Das jüngste Rind war 2,4 Jahre, das Älteste 9,8 Jahre alt.

Alle 20 Tiere waren weiblich, drei von ihnen tragend.

Ernährungszustand und Gewicht der Probanden

Das durchschnittliche Gewicht der Tiere betrug 589 kg, wobei die Spanne von 465 kg bis 725 kg reichte.

Von den 20 Probanden wurde der Ernährungszustand bei einem Tier als kachektisch, bei vier Tieren als schlecht, bei 11 Tieren als mäßig und bei vier Tieren als gut beurteilt. Adipöse Tiere waren nicht unter den Probanden.

Vorberichtliche Angaben zu Gewichtsverlust, Leistungsrückgang und Lahmheit

Die im Vorbericht erhobenen Angaben bezüglich Gewichtsverlust, Leistungsrückgang und Lahmheit sind in Tab. 4 zusammengefasst.

Tab. 4: Symptome der 20 Probanden des Hauptversuchs laut Vorbericht

	Gewichtsverlust			Leistungsrückgang			Lahmheit		
	nein	ja	k. A.	nein	ja	k. A.	nein	ja	k. A.
Anzahl der Tiere	0	6	14	0	13	7	6	7	7

k. A. = keine Angabe

Diagnosen

Die Diagnosen wurden während des Klinikaufenthaltes der Probanden gestellt und in Gruppen entsprechend des betroffenen Organsystems gefasst. Mehrfachnennungen waren möglich. Von den 20 Probanden des Hauptversuchs wurden bei sieben Tieren Erkrankungen des Bewegungsapparates, bei drei des Atmungsapparates, bei sechs des Verdauungsapparates und bei einem der Leber diagnostiziert. Sechs Tiere wiesen gynäkologische, fünf Tiere Stoffwechsel-, acht Tiere Herz- und acht Tiere sonstige Erkrankungen auf (eine Auflistung der einzelnen Diagnosen befindet sich im Anhang). Die Häufigkeit des Auftretens von Erkrankungen bezogen auf die HG-Grad-Gruppen „leicht“ (HG-Grad 0-2) und „schwer“ (HG-Grad 5-6) ist statistisch nicht signifikant.

3.2.2.2 Klinische Befunde

In diesem Abschnitt sind nur die wesentlichen Befunde aufgelistet, eine vollständige Aufstellung aller klinischen Befunde ist im Anhang enthalten.

Adspektion und Palpation der Vv. jugulares

Die Ergebnisse der Adspektion der Vv. jugulares sind im Anhang aufgeführt. Die Ergebnisse der durchgeführten Venenstauprobe sind in Tab. 5 zusammengefasst. Zwei Tiere konnten auf Grund einer Thrombophlebitis der rechten Jugularvene nicht beurteilt werden, diese Tiere sind unter „nicht beurteilbar“ in Tab. 5 aufgeführt.

Bei vier Tieren lief die linke Vene schlecht leer, bei allen vier Tieren war diese aber ausstreifbar. Die Vene, die sich rechts bei drei Tieren schlecht entleerte, lies sich nur bei zwei Tieren ausstreifen. Bei insgesamt vier Tieren füllte sich die linke Vene trotz beibehaltenen Staus erneut, bei weiteren drei Tieren war dies auch rechts der Fall (siehe Tab. 5).

Tab. 5: Ergebnisse der Venenstauproben beider Körperseiten der 20 Tiere des Hauptversuchs

		Staubarkeit			Leerlaufen			Ausstreifbarkeit			Füllung		
		gut	schlecht	nicht beurteilbar	gut	schlecht	nicht beurteilbar	ausstreifbar	nicht ausstreifbar	nicht beurteilbar	füllen sich wieder	füllen sich nicht wieder	nicht beurteilbar
Anzahl der Tiere	links	17	3	0	16	4	0	4	0	0	4	16	0
	rechts	14	3	3	14	3	3	2	1	3	3	14	3

„Leerlaufen“ = bezieht sich auf den proximal der Stauung gelegenen Venenanteil

„Ausstreifbarkeit“ = bezieht sich auf den proximal der Stauung gelegenen Venenanteil, wenn dieser nicht leergelaufen ist

„Füllung“ = bezieht sich auf den proximal der Stauung gelegenen Venenanteil, nachdem dieser entweder leergelaufen ist, oder ausgestrichen wurde

Auskultation

Während der Auskultation sind zwei Tiere mit einer unregelmäßigen Herzfrequenz aufgefallen. Bei fünf der 20 Probanden wurde nur auf der linken, bei einem Tier nur auf der rechten Körperseite ein Herzgeräusch festgestellt. Bei den restlichen 14 Probanden konnte auf beiden Körperseiten Herzgeräusche auskultiert werden. Eine Auflistung der Verteilung der Probanden entsprechend ihrer HG beider Körperseiten findet sich in Tab. 6. Die Probanden sind hierfür in Gruppen, gemäß ihrer HG-Grade eingeteilt.

Tab. 6: Aufteilung der 20 Probanden des Hauptversuchs entsprechend ihrer HG-Grade der linken und rechten Körperseite.

rechts links	kein HG	HG „leicht“	HG „mittel“	HG „schwer“
kein HG	0	0	0	1
HG „leicht“	1	3	0	0
HG „mittel“	3	4	0	1
HG „schwer“	1	4	2	0

HG „leicht“ = HG-Grad 1-2,

HG „mittel“ = HG-Grad 3-4,

HG „schwer“ = HG-Grad 5-6

Die **Intensität** des Herzschlages wurde durch den Untersucher 1 auf der linken Körperseite bei 16 Tieren als kräftig, bei zwei Tieren als dumpf und bei weiteren zwei Tieren als pochend beurteilt. Die Befunde der Intensität des Herzschlages der rechten Körperseite waren bei neun Tieren kräftig, bei zehn dumpf und bei einem Tier pochend.

Die **Abgesetztheit** der Herztöne wurde auf der linken Körperseite bei elf Tieren als mäßig, bei fünf als schlecht und bei vier Tieren als nicht abgesetzt beurteilt. Bei der Auskultation auf der rechten Körperseite wurden die Herztöne bei 15 Tieren als mäßig, bei vier als schlecht und bei einem Tier als nicht abgesetzt bewertet. Bei keinem der 20 Probanden des Hauptversuchs lautete der Befund „gut abgesetzte“ Herztöne.

Die **Beurteilung der Herztöne** ergab bei dreizehn Tieren einen unauffälligen Befund. Bei sechs Tieren wurden die Herztöne als verändert wahrgenommen, bei einem Tier waren sie nicht beurteilbar. Diese Verteilung der Tiere war für die Befunde beider Körperseiten gültig.

Bei keinem der 20 Tiere wurde ein diastolisches Herzgeräusch diagnostiziert. Bei 19 Tieren wurde linksseitig und bei 15 Tieren rechtsseitig ein systolisches Herzgeräusch auskultiert. Herzgeräusche konnten bei einem Tier auf der linken Seite und bei fünf Tieren auf der rechten Seite nicht festgestellt werden.

Abb. 12 zeigt die Verteilung der Probanden des Hauptversuchs entsprechend ihrer Herzgeräusch-Grade der linken und der rechten Körperseite.

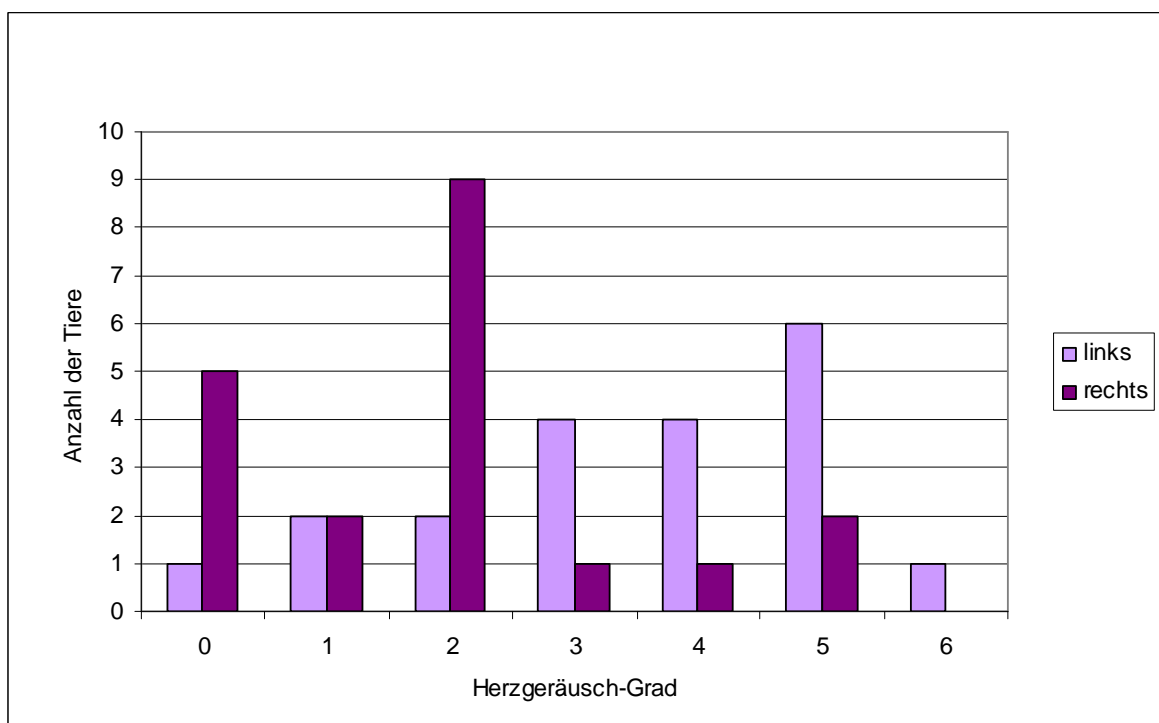


Abb. 12: Anzahl der Tiere (n = 20) nach ihrem Herzgeräusch-Grad der linken und der rechten Körperseite angeordnet

Die Tiere wurden auf Grund ihres HG-Grades der linken Seite in zwei Gruppen eingeteilt: Gruppe „leicht“ (HG-Grad 0-2) und „schwer“ (HG-Grad 5-6).

Die klinischen Befunde wurden für beide Körperseiten einzeln betrachtet und den beiden HG-Grad-Gruppen gegenübergestellt. Mit Hilfe des Mann-Whitney U-Tests wurde in drei Fällen eine statistische Signifikanz zwischen den beiden Gruppen festgestellt:

Tiere mit einem „leichten“ HG (HG-Grad 0-2) wiesen linksseitig besser abgesetzte Herztöne auf als Tiere mit einem „schweren“ HG (HG-Grad 5-6) ($p = 0,051$). Bei der Beurteilung der Herztöne der linken Seite stellte sich heraus, dass die Tiere mit einem „schweren“ HG deutlich öfter unveränderte Herztöne aufwiesen als Tiere mit einem „leichten“ HG ($p = 0,014$). Dasselbe galt auch für die Herztöne der rechten Seite ($p = 0,013$).

In der nachstehenden Tab. 7 sind alle Ergebnisse aufgelistet. Schaben und Kratzen in der Herzregion wurde auf beiden Körperseiten nicht gespürt.

Tab. 7: Berechnung der Signifikanz (p) mittels Chi-Quadrat-Test für die Häufigkeit des Auftretens der aufgeführten klinischen Befunde für die linke und die rechte Körperseite

Klinischer Parameter		Signifikanz (p)	
		linke Körperseite	rechte Körperseite
Staubbarkeit	gut/schlecht	0,469	0,424
Leerlaufen	gut/schlecht	1,000	0,918
ESG	fein-/deutlich gezeichnet	1,000	0,338
Herzstoß	nicht-/leicht-/kräftig fühlbar	0,345	0,469
Vibrieren	nicht fühlbar/ fühlbar	0,576	1,000
Schaben	nicht fühlbar/ fühlbar	-	-
Kratzen	nicht fühlbar/ fühlbar	-	-
Eutervene	pulsiert/pulsiert nicht/n. b.	0,219	0,576
Intensität	kräftig/dumpf/pochend	1,000	0,242
Abgesetztheit	mäßig/schlecht/nicht	0,051	0,186
Herztöne	unauffällig/verändert/n. b.	0,014	0,013
Triel	unauffällig/ödematös	1,000	
SH	blass-rosa/rosa	0,471	

Die Tiere sind auf Grund der Auskultationsbefunde der linken Körperseite in Gruppe „leicht“ (HG-Grad 0-2, n = 5) und „schwer“ (HG-Grad 5-6, n = 7) unterteilt.

ESG = Episkleralgefäße

SH = Schleimhäute

n. b. = nicht beurteilbar

Blutuntersuchung

Die Untersuchung der Blutparameter bezogen auf die HG-Grad-Gruppen „leicht“ (HG-Grad 0-2; n = 5) und „schwer“ (HG-Grad 5-6, n = 7) ergab keine statistische Signifikanz. Die Power bei fünf bzw. sieben Tieren und einem Unterschied von 1,0 g/dl im Hämoglobinwert betrug nur 0,11. Die Power bei den erhaltenen Werten des Glutartests betrug 0,75.

Sieben der 20 Tiere hatten einen erniedrigten Hämoglobin-Wert. Bei sechs dieser sieben Tiere konnten auch ein erniedrigter Hämatokrit-Wert festgestellt werden. Alle oben genannten sieben Tiere zeigten eine Erhöhung der Thrombozytenanzahl. Von allen 20 Probanden wies ein Tier eine Erhöhung des Hämatokrit-Werts auf.

Bei fünf der 20 Probanden sind erniedrigte, bei drei erhöhte Kalium-Werte festgestellt worden. Die Abweichungen vom Referenzbereich traten in allen HG-Grad-Gruppen und Diagnose-Gruppen auf. Eine Auflistung der ermittelten Blutwerte für die HG-Grad-Gruppen befindet sich im Anhang.

3.2.2.3 Phonokardiogramme

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Auswertung der Phonokardiogramme vorgestellt.

Darstellung der einzelnen Messpunkte/Intervalle

Die Abb. 13 - 16 zeigen den Anteil der Tiere in Prozent, die eine Amplitude oberhalb des Schwellenwertes aufweisen pro Messpunkt (10 bzw. 20 pro Systole und Diastole) am Ort 2 (dritte ICR, ventral). Hierfür wurden zwei HG-Grad-Gruppen – leicht (HG-Grad 0-2) und schwer (HG-Grad 5-6) – gebildet. Die erste Darstellung zeigt, dass sowohl im positiven als auch im negativen Bereich im ersten Drittel der Messpunkte (im Bereich des ersten Herztones) eine hohe Anzahl von Schwellenwert-Überschreitungen auftraten. Im folgenden Drittel zeichnet sich ein (nicht signifikanter) Unterschied zwischen den beiden HG-Grad-Gruppen ab. In der Gruppe

der „leichten“ HG-Grade traten weniger Schwellenwert-Überschreitungen auf, als in der der „schweren“. Im letzten Drittel war sowohl in der 100 Hz Darstellung, als auch in der 50 Hz Darstellung in der Systole bei allen vier Aufnahmeorten der linken Seite wieder ein Anstieg der Schwellenwert-Überschreitungen bei allen HG-Graden zu verzeichnen. Diese sichtbaren Unterschiede sind aber statistisch nicht signifikant. Für den Messpunkt 7 (Abb. 13, pos. Bereich) kann beispielsweise bei nur fünf, respektive sieben Tieren pro Gruppe ein signifikanter Unterschied mit nur 17 %iger Wahrscheinlichkeit ($\text{Power} = 0,17$) dargestellt werden. Am Messpunkt 15 (Abb. 13, pos. Bereich) waren deutliche Unterschiede sichtbar (68 % gegenüber 20 %), die Power betrug jedoch nur 0,15.

Im Zeitraum der Diastole traten insgesamt weniger Schwellenwert-Überschreitungen auf. Auch hier war im ersten Drittel der Messpunkte (im Bereich des zweiten Herztones) ein gehäuftes Überschreiten der Schwellenwerte zu erkennen. Im mittleren Teil verhielt es sich wie bereits für die Systole beschrieben. Auffällig war gegen Ende der Diastole in allen Darstellungen (50 Hz und 100 Hz, positiver und negativer Bereich) eine wieder ansteigende Zahl an Schwellenwert-Überschreitungen. Im Vergleich des ersten Drittels von Systole und Diastole wurde deutlich, dass die Schwellenwert-Überschreitungen der Systole zu einem späteren Messpunkt zahlreicher waren als in der Diastole. Diese Aussage trifft für Darstellungen beider Frequenzbereiche zu. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den HG-Gruppen „leicht“ und „schwer“ an den einzelnen Messpunkten (pro Ort, Frequenz 50/100 Hz, Systole/Diastole, positiver/negativer Bereich) festgestellt werden.

Die vollständigen Daten aller Ausschläge, auch die der HG-Grad Gruppe „mittel“ (HG-Grad 3-4) sind im Anhang abgebildet.

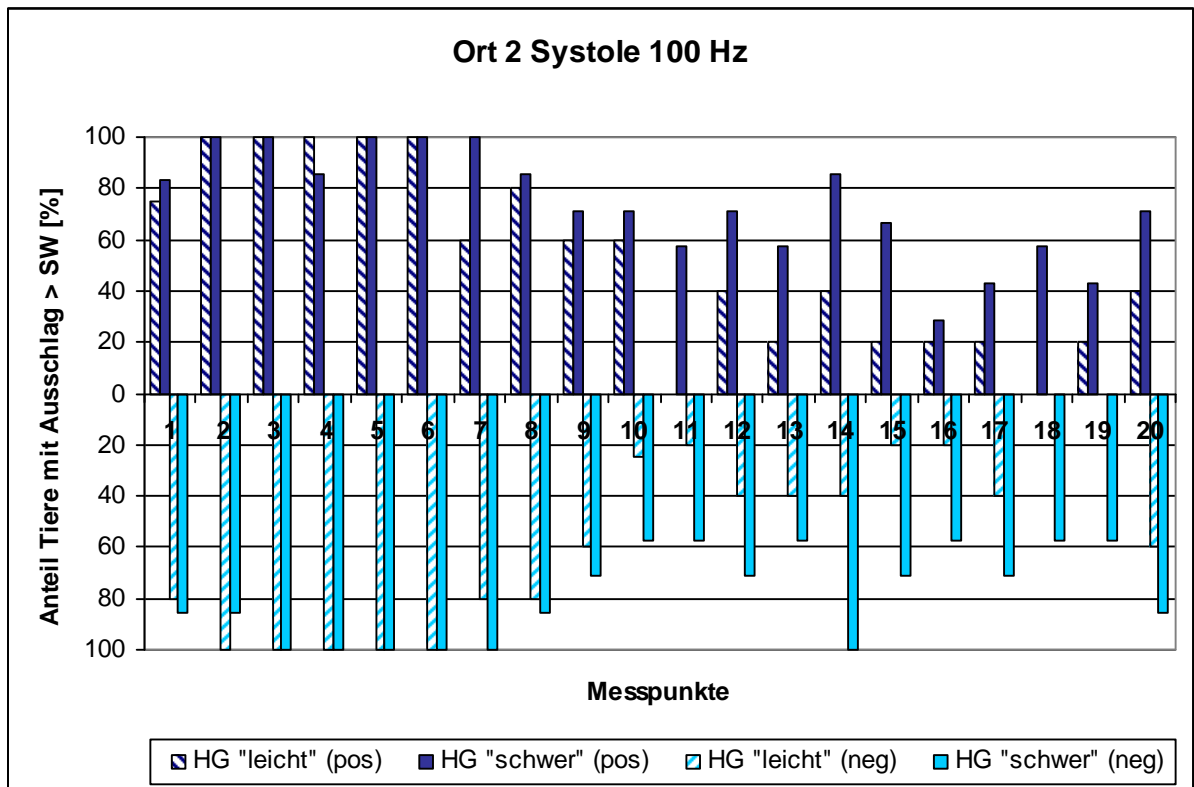


Abb. 13: Anteile der Tiere mit Amplituden oberhalb der entsprechenden Schwellenwerte (positiver und negativer Bereich) zu 20 Messpunkten in der Systole nach Intensität des Herzgeräuschs gruppiert

Ort 2 = links, dritter ICR ventral

n = 5 Tiere mit „leichtem“ Herzgeräusch (HG-Grad 0-2)

n = 7 Tiere mit „schwerem“ Herzgeräusch (HG-Grad 5-6)

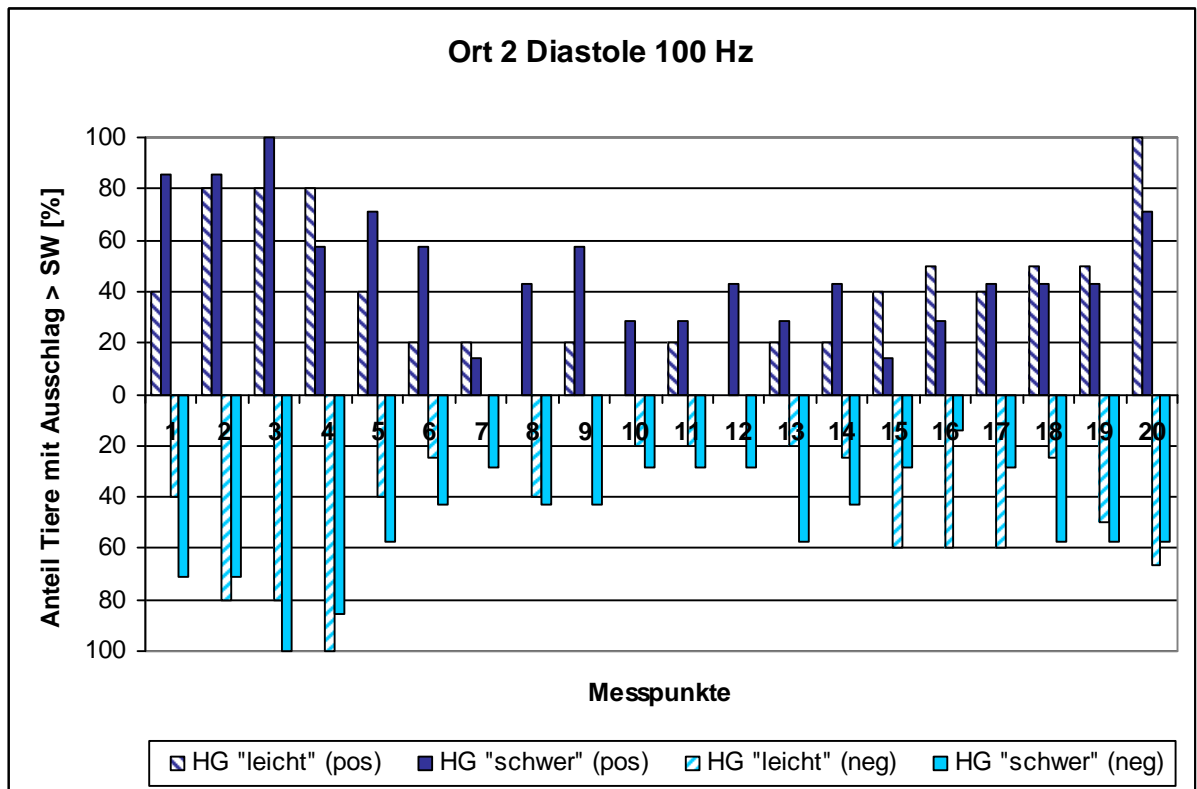


Abb. 14: Anteile der Tiere mit Amplituden oberhalb der entsprechenden Schwellenwerte (positiver und negativer Bereich) zu 20 Messpunkten in der Diastole nach Intensität des Herzgeräuschs gruppiert

Ort 2 = links, dritter ICR ventral

n = 5 Tiere mit „leichtem“ Herzgeräusch (HG-Grad 0-2)

n = 7 Tiere mit „schwerem“ Herzgeräusch (HG-Grad 5-6)

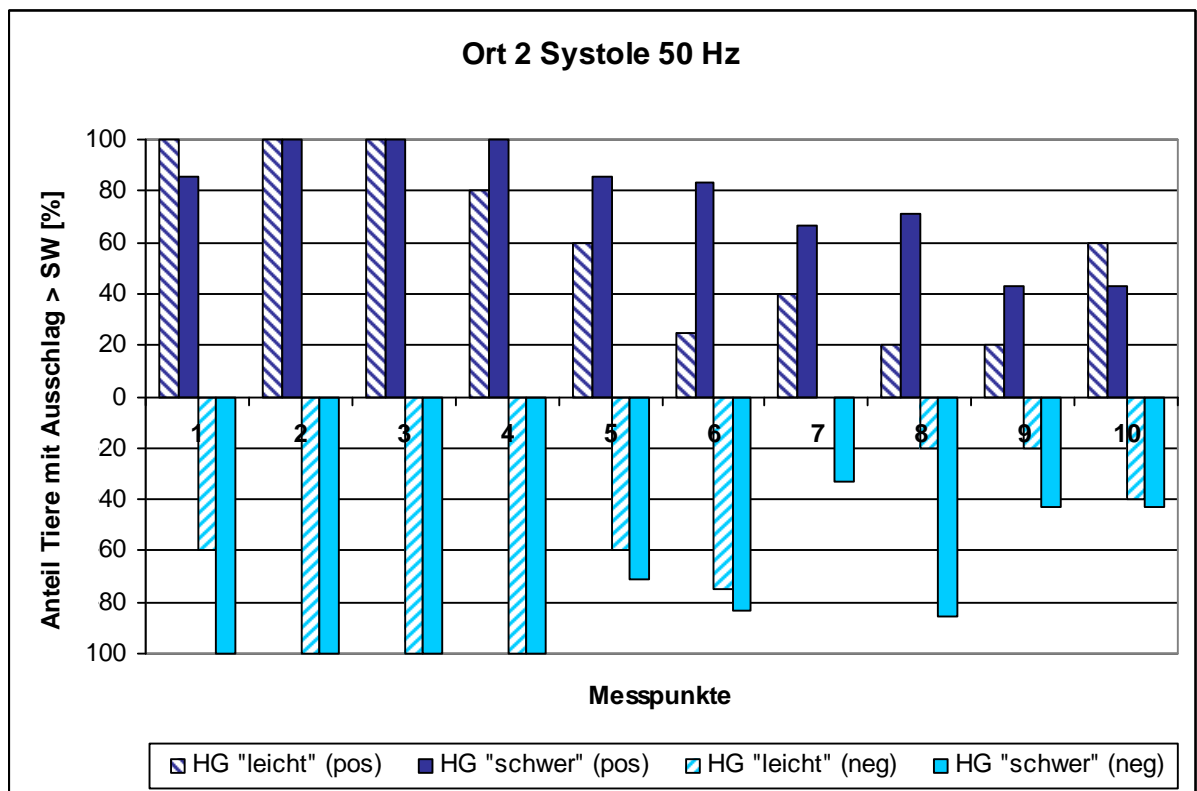


Abb. 15: Anteile der Tiere mit Amplituden oberhalb der entsprechenden Schwellenwerte (positiver und negativer Bereich) zu 10 Messpunkten in der Systole nach Intensität des Herzgeräuschs gruppiert

Ort 2 = links, dritter ICR ventral

n = 5 Tiere mit „leichtem“ Herzgeräusch (HG-Grad 0-2)

n = 7 Tiere mit „schwerem“ Herzgeräusch (HG-Grad 5-6)

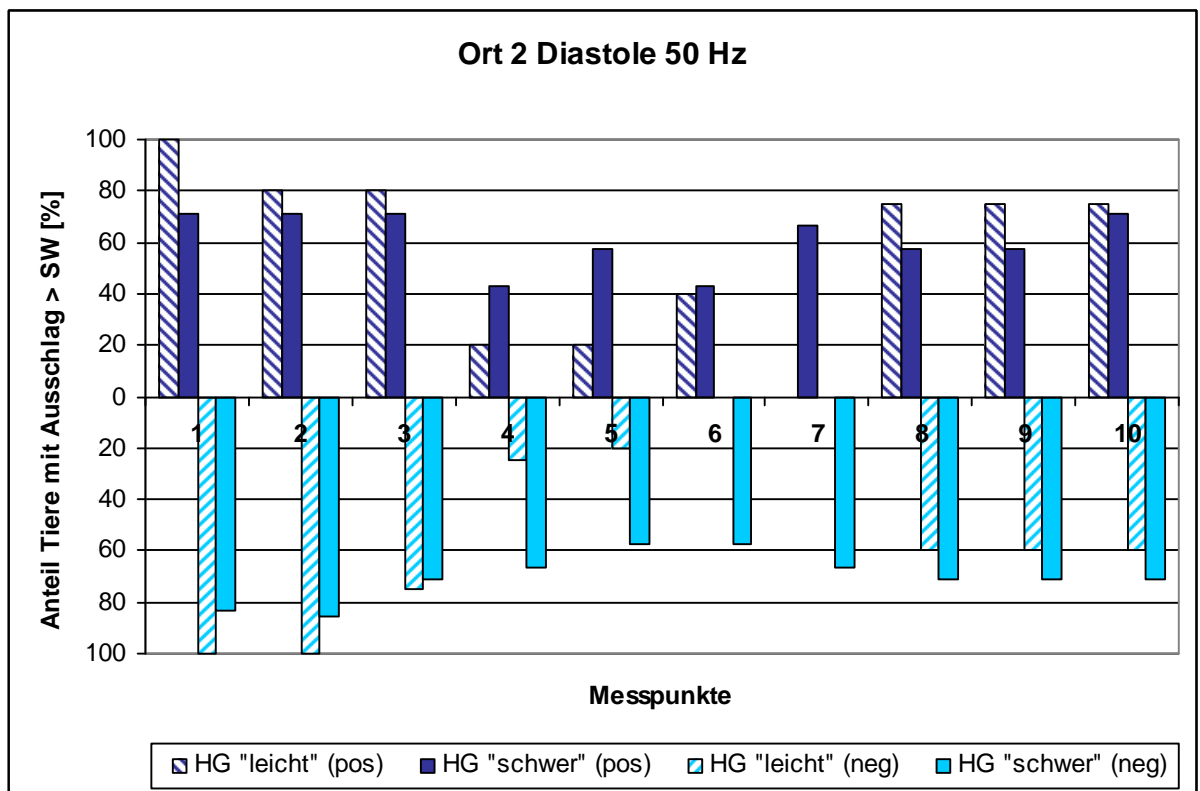


Abb. 16: Anteile der Tiere mit Amplituden oberhalb der entsprechenden Schwellenwerte zu 10 Messpunkten in der Diastole nach Intensität des Herzgeräusches gruppiert
 Ort 2 = links, dritter ICR ventral
 n = 5 Tiere mit „leichtem“ Herzgeräusch (HG-Grad 0-2)
 n = 7 Tiere mit „schwerem“ Herzgeräusch (HG-Grad 5-6)

Die phonokardiographischen Aufnahmen der rechten Körperseite (Orte 5-8) sind bei dieser Auswertung aus zweierlei Gründen nicht berücksichtigt worden:

- Die Qualität der PKG war auf der rechten Seite deutlich schlechter, als die der linken Seite, so dass weniger Aufzeichnungen zur Auswertung vorhanden waren.
- Die Anzahl der ausgewerteten PKG der rechten Seite war so gering, dass keine auswertbare Aussage getroffen werden konnte (zum Beispiel n = 2 Tiere mit schwerem Herzgeräusch (HG-Grad 5-6)).

Aus diesen Gründen ist in der vorliegenden Arbeit nur mit den PKG der linken Seite gearbeitet worden.

In Tab. 8 ist die Anzahl der ausgewerteten und aufgenommenen PKG für die Orte 1-8 aufgelistet. Hierbei ist zu beachten, dass es sich bei letztgenannten nur um PKG handelt, die während der Aufzeichnung als störungsfrei und somit auswertbar erschienen. Die Anzahl der während der PKG-Aufzeichnung verworfenen PKG ist nicht berücksichtigt. Bei drei der 20 Probanden konnte für alle acht Orte ein PKG ausgewertet werden. Die schlechteste Auswertbarkeit war bei einem Tier, bei welchem lediglich an zwei der acht Orte auswertbare PKG aufgezeichnet werden konnten.

Tab. 8: Anzahl der aufgenommenen und ausgewerteten PKG pro Ort, aller 20 Probanden des Hauptversuchs

	Ort 1	Ort 2	Ort 3	Ort 4	Ort 5	Ort 6	Ort 7	Ort 8
aufgenommene PKG (Anzahl)	34	28	26	19	26	28	24	23
ausgewertete PKG (Anzahl)	20	19	18	16	17	17	10	8
ausgewertete PKG (Prozent)	58,8	67,9	69,2	84,2	65,4	60,7	41,7	34,8

Die Anzahl der während der PKG-Aufzeichnung verworfenen PKG ist in dieser Tab. nicht berücksichtigt.

Schwellenwert-überschreitende Amplituden

Eine vollständige Auflistung aller Ergebnisse des folgenden Abschnittes findet sich in Tab. 9.

Die Anzahl der Amplituden (außerhalb der SW) wurde pro Aufnahmeort, pro Frequenz, pro Systole/Diastole erfasst. Nach Summierung der Ergebnisse des positi-

ven Bereichs mit denen des negativen wurden die Tiere ihren HG-Graden der linken Körperseite entsprechend in Gruppen unterteilt: HG „leicht“ (HG-Grad 0-2), „mittel“ (HG-Grad 3-4) und „schwer“ (HG-Grad 5-6). Mit Hilfe des Mann-Whitney U-Tests wurde in zwei Fällen eine statistische Signifikanz zwischen der erst- und der letztgenannten Gruppe festgestellt. Es wurde deutlich, dass die Anzahl der Ausschläge bei Tieren der Gruppe HG „leicht“ am Ort 1 in der Systole der 50 Hz Darstellung ($p = 0,041$) und am Ort 2 in der Systole der 100 Hz Darstellung ($p = 0,034$) geringer war als bei Tieren der Gruppe HG „schwer“.

Der durchschnittliche Unterschied in der Anzahl der Ausschläge zwischen den beiden Gruppen mit fünf bzw. sieben Tieren müsste mindestens drei betragen um mit dieser Tierzahl eine Power von 0,8 zu erreichen.

Fläche unter der Kurve

An Hand der absoluten Werte [mm] der den SW überschreitenden Amplituden wurde die Fläche unter der Kurve (AUC) pro Aufnahmeort, pro Frequenz, pro Systole/Diastole für den positiven und den negativen Bereich berechnet. Die Flächen des positiven und negativen Bereichs wurden entsprechend addiert. Durch Gegenüberstellen der HG-Gruppen „leicht“ und „schwer“ stellte sich eine statistische Signifikanz für den Ort 1 in der Systole in der 50 Hz Darstellung dar ($p = 0,042$).

Mittelwerte der Schwellenwert-überschreitenden Amplituden

Für jeden Ort, jede Frequenz, Systole und Diastole, jeden positiven und negativen Bereich wurden Mittelwerte (MW) für die absoluten Werte [mm] der den SW überschreitenden Amplituden erstellt. Bei Tieren der Gruppe HG „schwer“ wurde ein höherer MW sowohl am Ort 1 in der Systole in der 50 Hz Darstellung im positiven Bereich ($p = 0,034$), als auch am Ort 2 in der Systole in der 50 Hz Darstellung im negativen Bereich ($p = 0,045$) als bei Tieren der Gruppe HG „leicht“ ermittelt. Bei nur einem Millimeter Unterschied zwischen den Mittelwerten der beiden Gruppen beträgt die Power nur 0,34 bei fünf bzw. sieben Tieren pro Gruppe.

Tab. 9: Berechnung der Signifikanz (p) für die Summe der Flächen und die Summe der Anzahl der Ausschläge pro Ort, pro Systole/Diastole, pro Frequenz

Ort	Σ Fläche Signifikanz (p)	Σ Anzahl Ausschläge Signifikanz (p)	MW der Amplitudengrößen Signifikanz (p)	
			pos	neg
Ort 1 Systole 50 Hz	0,042	0,041	0,034	0,143
Ort 1 Diastole 50 Hz	0,808	0,684	0,935	0,807
Ort 2 Systole 50 Hz	0,088	0,161	0,222	0,045
Ort 2 Diastole 50 Hz	0,372	0,190	0,935	0,329
Ort 3 Systole 50 Hz	0,705	0,337	0,345	0,850
Ort 3 Diastole 50 Hz	0,450	0,633	0,571	0,776
Ort 4 Systole 50 Hz	0,670	0,830	0,286	0,831
Ort 4 Diastole 50 Hz	0,201	0,067	0,670	0,286
Ort 1 Systole 100 Hz	0,291	0,123	0,167	0,122
Ort 1 Diastole 100 Hz	0,465	0,807	0,684	0,465
Ort 2 Systole 100 Hz	1,000	0,034	0,626	0,745
Ort 2 Diastole 100 Hz	0,935	0,685	0,685	0,808
Ort 3 Systole 100 Hz	0,705	0,570	0,571	0,850
Ort 3 Diastole 100 Hz	0,059	0,154	0,059	0,089
Ort 4 Systole 100 Hz	1,000	0,669	0,670	0,521
Ort 4 Diastole 100 Hz	0,522	0,592	0,522	0,593

Ein Berechnen für den positiven und negativen Bereich entfällt, da die entsprechenden Werte dieser Bereiche summiert wurden. Die Mittelwerte wurden aus den absoluten Werten der Amplituden gebildet und pro Ort, pro Systole/Diastole, pro Frequenz und für den positiven und negativen Bereich erstellt.

4 Diskussion

4.1 Material und Methoden

4.1.1 Vorversuch

4.1.1.1 Probanden

Im Patientengut der Klinik für Wiederkäuer fielen im Vorfeld der Studie auffällig mehr Kühe mit Herzgeräuschen auf als Kälber. Aus diesem Grund lag das Augenmerk auf der Gruppe der erwachsenen Tiere (älter als 2 Jahre). Sämtliche Ausschlusskriterien, wie Festliegen, mittel- bis hochgradige Lahmheit und ausgeprägte Unruhe wurden vor dem Hintergrund der schwierigen Aufnahmebedingungen der Phonokardiographie gewählt. Tiere, die stets Laut äußerten, erwiesen sich als ungeeignet, ebensolche, die nicht ausdauernd still standen. Selbst still stehende Tiere konnten durch Verlagerung ihres Körpergewichtes Artefakte bei der Aufzeichnung der PKG durch Relativbewegung zwischen Körper und Stethoskopkopf verursachen. FRANKE (1984) beschreibt seine Erfahrung mit zu kühlen Raumtemperaturen, die während der Aufnahme zu Muskelzittern führen, was die Herzschallschreibung unmöglich macht. Im Rahmen dieser Arbeit kann bestätigt werden, dass Muskelzittern, insbesondere der Ankonäenmuskulatur, die Qualität der PKG-Aufzeichnung sehr stark beeinträchtigt. Auch BÖRNERT und BÖRNERT (1971 c) weisen der Kopplung der Pelotte an den Körper eine elementare Bedeutung zu. Mittel- bis hochgradige pathologische Lungenbefunde behinderten nicht nur die Phonokardiographie, sondern waren bereits während der Auskultation ein Hindernis bei der Beurteilung des Herzens. Das Herz ist zum Teil von Lungenanteilen umgeben, so dass der Herzschall bei veränderter Lunge auch nur verändert fortgeleitet werden kann. Diese Tatsache war Grund, Tiere mit solchen Lungenbefunden nicht in diese Arbeit mit einzubeziehen.

Die Anzahl der Probanden wurde willkürlich gewählt. Dies stand jedoch unter dem Einfluss der Schwierigkeit, im Klinikalltag Gelegenheit für PKG-Aufnahmen in ruhiger Umgebung zu finden. Eine Stichprobenplanung war im Vorfeld auf Grund der fehlenden Information bezüglich eines Auswertungsschemas nicht möglich. Bei allen Tieren, die im Rahmen dieser Studie untersucht wurden, konnte ein HG festgestellt werden. Eine Gruppenbildung von Tieren ohne und eine andere mit Herzgeräuschen war somit unmöglich. Mit der hier angewendeten Studie werden folglich nur Tiergruppen mit leichten und schweren Herzgeräuschen verglichen.

4.1.1.2 Versuchsablauf

Befunderhebung

In die vorliegende Arbeit wurden aus eben genannten Gründen nur Tiere mit Herzgeräuschen einbezogen. Daher lag der Schwerpunkt der klinischen Befunderhebung auf dem Herz-Kreislauf-System. Bei der im Einzugsgebiet der Klinik vorherrschenden Rasse Deutsches Fleckvieh ist die Beurteilung des Herzstoßes auf Grund der guten bis sehr guten Körperkondition fraglich. Unter den in dieser Studie beurteilten Rindern war jedoch kein adipöses Tier. Bei dem Hauptteil der Tiere wurde der Ernährungszustand als „mäßig“ beurteilt, so dass die Rasse nicht ins Gewicht fiel. Die Einteilung der HG in die Grade 0–6 erfolgte durch die Untersucher 1 und 2 unabhängig voneinander. Hierfür wurde der Kopfhörerteil bei gleich bleibender Position des Stethoskopkopfes zwischen den Untersuchern getauscht. Dieses Verfahren ist zur Beurteilung eines HGs nicht zwingend notwendig, weil die Definition der einzelnen HG-Grade ein Abhören der gesamten Herzregion bedingt. Es muss unterschieden werden, ob ein HG nur an einer einzelnen Stelle zu hören ist oder gleich beim Aufsetzen des Stethoskopkopfes (siehe Kap. 2.3.2). Durch das hier angewendete Verfahren sollte garantiert werden, dass beide Untersucher im Nachhinein von ein und demselben Geräusch sprachen und es somit besser klassifizieren konnten. Zur Zuordnung des Herzgeräusches zum entsprechenden HG-Grad war mehrmaliges Tauschen der Kopfhörer nötig.

Elektrokardiographie und Phonokardiographie

Mit dem Meditron Analyzer von Welch Allyn war es möglich, EKG und PKG gleichzeitig aufzunehmen. Die Vorrichtung zur EKG-Abnahme sah den Anschluss von drei Elektroden vor, so dass allein durch diese Tatsache eine Ableitung mit drei Elektroden angewandt werden musste. Hierfür bot sich die Brustwandableitung nach SPÖRRI (1944) an, auf die einige andere Autoren, wie JACKSON und SLATER (1997) ebenfalls zurückgegriffen haben. Im Rahmen dieser Arbeit konnte bestätigt werden, dass die o. g. Ableitung einfach in der Anwendung war und stets deutliche Ausschläge erzielte. Durch die Platzierung der Elektroden gab es keine Kollision derselben mit dem metallenen Zwangsstand. Störungen traten während der EKG-Schreibung nicht auf. Die verwendeten Klebepads waren nicht unbedingt vonnöten, ersparten den Tieren aber den Stress des Einstichs bei der Verwendung von Nadelelektroden. Abwehrbewegungen, wie Zucken der Haut (besonders im Bereich der herznahen Elektrode) wurden nicht beobachtet, was die Aufnahme der PKG erleichterte.

BÖRNERT und BÖRNERT (1971 c) beschreiben die Punkta maxima (zur PKG-Aufnahme) zwischen zweiten und vierten ICR, ein- bis eineinhalb Handbreit dorsal des Tuber olecranon. Von Vorteil für die Herzschriftschreibung sei eine vorgestellte Gliedmaße. STÖBER und GRÜNDER (1990) schildern als günstigste Stelle für die Herzauskultation links, den dritten bis vierten ICR, auf halber Höhe zwischen der Ellenbogen- und Buggelenkshorizontalen. In der vorliegenden Arbeit wurden diese beiden Beschreibungen aufgegriffen und erweitert. So waren es vier Orte pro Körperseite, die aufgesucht wurden. Wichtig hierbei war, dass die vier Orte nicht als unumstößliche Punkte anzusehen waren. Sie waren vielmehr Regionen, ganz im Sinne von FRANKE (1984), welcher den Tod des Auskultationspunktes ausruft und das Auskultationsareal in Leben. Für die Auswertung der PKG war die Vergleichbarkeit der Aufnahmeorte von großer Bedeutung, da sich die Herztöne in Abhängigkeit der Aufnahmeorte in unterschiedlicher Lautstärke und somit unterschiedlich großen Amplituden präsentieren. Beim Pferd zum Beispiel beschreiben

VANSELOW et. al. (1978) die unterschiedlich lange Dauer des ersten Herztons, welche lokalisationsabhängig ist, allerdings auch große intraindividuelle Unterschiede aufweist.

Ein großer Gewinn für die Phonokardiographie war die technische Weiterentwicklung, welche die Auskultation während der Herzschallschreibung ermöglichte. Dies preist HOLLDACK (1951) als wichtige Errungenschaft, da auf diese Art und Weise eine bessere Kontrolle über Nebengeräusche gegeben ist. Es gibt kein Geräusch, was nicht auch aufgezeichnet wird. MOYERS et. al. (2007) bedienen sich dieser Technik, um die aufgenommenen PKG-Sequenzen als artefaktfrei zu identifizieren und sie dann erst zur weiteren Auswertung zu zulassen. Herzschallschreibung in der Humanmedizin gestaltet sich allein schon aus den räumlichen Gegebenheiten übersichtlicher als in der Veterinärmedizin. Laut BÖRNERT und BÖRNERT (1971 c) sind den Aufnahmebedingungen in der Veterinärmedizin größere Aufmerksamkeit zu widmen. Bei dem hier beschriebenen Vorgehen ist es aus diesem Grund unumgänglich, dass zwar eine Person (Untersucher 2) auskultiert, somit Kontakt zum Tier hält, die PKG-Aufzeichnung durchführt und am PC Bildschirm verfolgt, aber eine Hilfsperson den Computer in ausreichendem Abstand zum Tier bedient.

VANSELOW et. al. (1978) verwenden beim Pferd folgende Filter: 25, 50, 100, 200 und 400 Hz. Mit einem Mehrkanalschreiber, welcher die gleichen Frequenzbereiche (50, 100, 200, 400 Hz) wie der Meditron Analyzer von Welch Allyn zur Verfügung stellt, arbeitet HOLMES (1966) am Pferd. Er stellt fest, dass sich S1, S3 und S4 am besten mit den niedrigeren Frequenzen darstellen lassen, während der S2 und Herzgeräusche bei höheren Frequenzen besser zur Geltung kommen. HEIENE et. al. (2000) untersuchen PKG von Hunden in den 100 Hz und 400 Hz Darstellungen. Die Einschränkung auf die Frequenzen 50 Hz und 100 Hz in der eigenen Studie könnte Ursache dafür sein, dass sich Unterschiede zwischen Tieren mit „leichtem“ (HG-Grad 0-2) und solchen mit „schwerem“ (HG-Grad 5-6) HG nicht deutlich zeigen. Bei Untersuchungen der ausgewerteten PKG in höheren Frequenz-Darstellungen könnten sich Herzgeräusche evtl. deutlicher darstellen

und somit auch die Unterschiede zwischen den Gruppen prägnanter sein. Anderer Meinung sind HOLLDACK und WOLF (1974), die Herzgeräusche als Geräusch, also eine Tonkomposition definieren. Diese Zusammensetzung verschiedener Töne erklären sie als Ursache dafür, dass HG in allen Frequenzen darstellbar sind (eine Ausnahme stellen die selten vorkommenden musikalischen Herzgeräusche dar). Die Autoren betonen die bessere Auswertbarkeit der Darstellungen in tieferen Frequenzen. In dieser Studie wurden nur die beiden zur Verfügung stehenden tiefen Frequenzbereiche verwendet. In diesen Darstellungen konnte auf die beschriebene Art und Weise der jeweilige Schwellenwert eindeutig bestimmt und im Hauptversuch die PKG auch leichter ausgewertet werden. Eine Schwellenwertbestimmung nach dem in dieser Studie angewendeten Schema war in den 200 und 400 Hz Darstellungen nicht durchführbar, denn selbst in der genutzten Vergrößerung waren die einzelnen Amplituden kaum zu identifizieren.

4.1.1.3 Auswertung

Wenige Autoren beschreiben ihre Auswertung der **PKG**-Sequenzen. Unter den ersten Veröffentlichungen über die Phonokardiographie finden sich einige Beschreibungen und Auswertungen von EKG, PKG und diversen Druckkurven (zum Beispiel Kammerdruck- und Carotispulskurven) und deren Beziehungen (WEISSEL, 1950; GARTEN, 1953; AUINGER, 1957; TSCHUDI und MARTIG, 1989). Eine sich auf die PKG-Kurve selbst beschränkende Auswertung ist in der gesichteten Literatur nicht beschrieben. Ist die Auswahl/Auswertung jedoch beschrieben, bedienen sich auch heute noch die Autoren der Mustererkennung (KVART und HÄGGSTRÖM, 2002; AHLSTROM et. al., 2006; MOYERS et. al., 2007; WANG et. al., 2007). So erläutern KVART und HÄGGSTRÖM (2002) die Beurteilung der PKG an Hand vom zeitlichen Auftreten und der Form der Herztöne. S1 und S2 seien leicht zu identifizieren. Andere Schallaufzeichnungen, die unregelmäßig oder nicht im Zusammenhang mit S1 oder S2 in Erscheinung treten, sind als Artefakte definiert. Dieses Vorgehen wurde auch in der vorliegenden Studie für die erste Auswahl der PKG in Kombination mit der akustischen/visuellen Kontrolle während der Aufzeichnung angewandt. Besonders Störgeräusche aus

der Umgebung konnten schnell und eindeutig identifiziert werden. Die hierbei gesammelten Erfahrungen decken sich nicht mit dem Bericht von BÖRNERT und BÖRNERT (1971 c). Die Autoren beschreiben die Durchführung von Herzschallschreibungen bei Rindern im Freien in einem Weideuntersuchungsstand. Als wichtiges Kriterium werden zum einen die ruhige Lage und zum anderen die Beachtung der Verkehrssituation genannt. Diese Unterschiede in der Beurteilung entstehen evtl. durch die Unterschiede in den Techniken, die angewendet wurden. In der vorliegenden Studie wurden Störgeräusche, wie zum Beispiel auf den Hof fahrende Autos, Kehren des Hofes, Pfeifen oder Gespräche außerhalb des Raumes, trotz geschlossener Türen als gravierende Behinderung der Herzschallschreibung empfunden.

Viele Autoren befassen sich mit der computergestützten Auswertung von Phonokardiogrammen. SINGH und ANAND (2007) konzentrieren sich dabei auf die Analyse der Herztöne selbst, während HIGUCHI et. al. (2006) zwischen verschiedenen HG unterscheiden. Eben genannte Autoren haben gemein, dass sie mit den erfassten Rohdaten, nicht mit der sich ergebenden PKG-Kurve selbst, arbeiten. In dieser Studie konnte nicht auf die Rohdaten zurückgegriffen werden, da der Hersteller des Phonokardiographen keine Schnittstellenbeschreibung zur Verfügung stellte, so dass das Augenmerk auf dem PKG selbst lag.

Das **EKG** des Rindes ist in der Literatur hinreichend beschrieben, so dass es hier als zuverlässiger Zeitgeber genutzt werden konnte. Zeitwerte des EKGs selbst wurden nicht erfasst. Die Auswahl einzelner Herzaktionen orientierte sich am EKG (von P–Welle zu P–Welle). Anschließend wurden die PKG wie bei der ursprünglichen Phonokardiographie (Direktschreibung) (BÖRNERT und BÖRNERT, 1971 b) auf Millimeterpapier gedruckt. Die verwendete Software bot zwar eine Skalierung (siehe Abb. 7 und 9) aber leider keine Möglichkeit, die Amplituden auszumessen, so dass dieser Teil der Auswertung auf dem Papier statt fand. Erwähnenswert ist der hohe Zeitaufwand der sich hieraus ergibt. Im Hauptversuch, beim Ablesen der Amplituden, vervielfacht sich dieser Zeitaufwand sogar noch.

Definition Grundrauschen

Eine genaue Beschreibung eines PKGs des Rindes mit den neuen technischen Aufnahmegeräten war in der Literatur nicht zu finden. Angaben zu den Herztönen, wie zum Beispiel Anzahl der Amplituden, sind veröffentlicht, doch fehlt bei diesen Beschreibungen oftmals die Frequenzangabe (BÖRNERT und BÖRNERT, 1971 b, d). In Aufnahmen des Vorversuchs waren jedoch (frequenzabhängig) deutliche Unterschiede in Form und Anzahl der Herzton-darstellenden Amplituden erkennbar. Andere Autoren beschreiben den Verlauf und die Form der Herztöne. Gelegentlich wird das Einsetzen der Herztöne auch im Bezug zum parallel geschriebenen EKG geschildert. Die Abgrenzung von Herztönen gegenüber Herzgeräuschen erfolgt ebenfalls durch Beschreibungen („flacher werdend“) und beruht auf Mustererkennung (KVART und HÄGGSTRÖM, 2002; AHLSTROM et. al., 2006). Ein direktes Gegenüberstellen von Phonokardiogrammen herzgesunder Rinder (ohne Herzgeräusch) und denen, die im Rahmen dieser Studie aufgezeichnet wurden, war nicht möglich. Es stellte sich somit die Frage, welche Amplituden oder Amplitudengröße zwischen den Herzton-darstellenden Amplituden als physiologisch anzusehen sind. Eine weitere Schwierigkeit war das Fehlen einer Definition der Herzton-Enden. So genannte Schwellenwerte wurden zur Abgrenzung zwischen „normalen Grundamplituden“ (= Grundrauschen) und potenziellen Herzgeräuschen eingeführt. HIGUCHI et. al. (2006) klammern bei ihrer Definition von Diastole (und Systole) die Herztöne selbst aus. Sie sprechen also von Zeitzwischenräumen, ohne jedoch das Ende der Herztöne genauer zu beschreiben. Ähnlich war der Vorgang zur Schwellenwertbestimmung in dieser Studie. Es wurde ein Teil der Diastole, nämlich der offensichtlich nicht zu den Herztönen gehörende Anteil zwischen S2 und S1 herangezogen. Die Diastole eignete sich besser als die Systole, da unter anderem KVART und HÄGGSTRÖM (2002) von frühsystolischen, physiologischen Herzgeräuschen bei Hund, Katze und Pferd berichten. Außerdem stellten THIELSCHER und FLOCK (1968) beim Rind häufig vorkommende Systolika und vernachlässigbar selten diastolische Herzgeräusche fest. Diese Aussage konnte durch die eigene Studie bestätigt werden, denn es wurden weder im Vor-

versuch, noch im Hauptversuch diastolische HG bei der klinischen Untersuchung wahrgenommen.

Ermittlung der Schwellenwerte

Für die Ermittlung der Schwellenwerte wurde, wie im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, ein Teil der Diastole herangezogen. Die offensichtlich höheren Amplituden der Herztöne wurden bei der Bestimmung ausgespart. Für ein vergleichbares Vorgehen fanden sich keine Hinweise in der gesichteten Literatur. Im weiteren Verlauf der Schwellenwertermittlung wurden die oberen Grenzen des KI im positiven Bereich und die Unteren im negativen Bereich gewählt. Dieses Vorgehen birgt die Möglichkeit, dass die Grenzen zu weit gewählt wurden. Es steht zur Diskussion, ob bei „enger“ gezogenen Schwellenwerten sich die in dieser Studie nur angedeuteten Unterschiede zwischen den Gruppen HG „leicht“ (HG-Grad 0-2) und „schwer“ (HG-Grad 5-6) als signifikant erweisen würden.

4.1.2 Hauptversuch

4.1.2.1 Probanden

Das Vorgehen bezüglich der „Probandenwahl“ wurde, wie im Vorversuch erprobt, beibehalten. Die Anzahl der Probanden war sehr gering. Aussagen, insbesondere für die rechte Körperseite konnten auf Grund der niedrigen Tierzahl und der noch niedrigeren Anzahl der auswertbaren PKG nicht getroffen werden (siehe die im Ergebnisteil jeweils aufgeführten Berechnungen der Stichprobe). Die Tierzahl beeinflussend war außerdem die zur Auswertung der PKG benötigte Zeit.

4.1.2.2 Versuchsablauf

Der Versuchsablauf wurde aus dem Vorversuch übernommen. Der Ablauf selbst war den Untersuchern und der Hilfsperson bekannt, der Umgang mit Tier und Gerätschaft war eingeübt, so dass keine Abweichungen vom üblichen Hergang auftraten.

In Tab. 8 wird deutlich, dass die Anzahl der PKG-Aufzeichnungen der rechten Körperseite deutlich geringer war, als die der Linken. In der Zeile „aufgenommene PKG“ befinden sich lediglich die Anzahl der Phonokardiogramme, die während der Aufzeichnung als auswertbar erschienen. Die Anzahl der tatsächlich aufgenommenen PKG lag weitaus höher, ist aber im Nachhinein nicht nachvollziehbar. Die während der Aufzeichnung verworfenen wave-Dateien wiesen eine derart schlechte Qualität auf, dass eine Auswertung direkt ausgeschlossen wurde. Wurden anhaltende Darmgeräusche auskultiert – was besonders rechts der Fall war – wurden erst Aufzeichnungen der anderen Orte angefertigt. Bestanden bei der erneuten Auskultation dieses Ortes noch immer kontinuierliche Störgeräusche, wurde die Aufzeichnung für diesen Ort abgebrochen. Während der Auswertung dezimierte sich erneut die Anzahl der auszuwertenden PKG, wie aus Tab. 8 ersichtlich wird. Dies kann auf die detaillierte Betrachtung in der verwendeten Vergrößerung zu-

rückgeführt werden. Nicht regelmäßig auftretende Herzgeräusche können bei diesem Vorgehen jedoch ebenfalls aussortiert worden sein und finden in der Auswertung dieser Studie keine Beachtung.

4.1.2.3 Auswertung

Im Hauptversuch wurde auf die gleiche Art und Weise wie auch schon im Vorversuch das Heraussuchen von geeigneten PKG-Sequenzen durchgeführt. Dabei wurde auf ein regelmäßiges und gleichförmiges Erscheinungsbild der Amplituden geachtet. BÖRNERT und BÖRNERT (1971 c) beschreiben regelmäßige, gleich hohe Amplituden als Ergebnis gleichmäßigen Andrucks der Pelotte an den Tierkörper. Im Unterschied zum Vorgehen im Vorversuch wurden die herausgesuchten Sequenzen letztendlich auf zwei Herzaktionen beschränkt, so dass die Darstellung insgesamt vergrößert wurde. In die ausgedruckte Sequenz konnte nun Systole und Diastole eingezeichnet werden. Die darauf folgende Einteilung dieser Herzphasen in 10 (50 Hz Darstellung) bzw. 20 (100 Hz Darstellung) Intervalle sollte ein Gegenüberstellen und Vergleichen ermöglichen. Ein Ablesen der Amplituden nach einem festen Zeitschema (zum Beispiel alle 0,2 s) birgt die Gefahr, dass bei unterschiedlich langen Herzphasen unterschiedlich viele Werte abzulesen sind. Vergleichende Untersuchungen mit so gewonnenem Material sind schwierig. Die Einteilung in eine immer gleiche Anzahl von Intervallen gewährleistete eine von der Herzfrequenz unabhängige Ermittlung einer gleich großen und somit vergleichbaren Datenmenge. Als weiteren Vorteil dieser Intervall-Einteilung ist die zeitliche Zuordnung, die zu den Herzphasen hergestellt werden kann. Für die beiden in dieser Arbeit verwendeten Frequenzen 50 Hz und 100 Hz wurden unterschiedliche Intervall-Einteilungen gewählt. Ausschlaggebend hierfür war die Tatsache, dass bei der Verwendung eines 50 Hz Filters (Frequenz = Ausschlag pro Zeit) weniger Amplituden pro Zeit aufgezeigt werden, als in der 100 Hz Darstellung. Wäre bei der 50 Hz Darstellung ebenfalls die Intervall-Einteilung mit 20 Messpunkten angewendet worden, so wären an sehr vielen Messpunkten keine Werte ablesbar gewesen, da in den jeweiligen Intervallen kein Amplituden-Maximum und/oder -Minimum vorkam.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Ergebnisse Vorversuch

Als Ergebnisse des Vorversuchs sind die Schwellenwerte zu nennen, welche bereits im Kap. 4.1.1.3 diskutiert wurden.

Der Vorversuch zeigte, dass die Phonokardiographie eine sehr sorgfältige Durchführung erfordert. Die Auskultation spielte hierbei eine zentrale Rolle, ohne deren Beherrschen die PKG-Aufzeichnung nicht sinnvoll erschien. Dass die Phonokardiographie nicht von Hilfspersonal ausgeführt werden kann, stellen bereits HOLLDACK und WOLF (1974) fest. KVART und HÄGGSTRÖM (2002), sowie KUDRIAVTSEV et. al. (2007) weisen außerdem auf die Wichtigkeit hin, sich mit seinem Stethoskop vertraut zu machen. Die Durchführung eines Vorversuches gewährleistete in diesem Fall ein Vertraut machen mit dem Stethoskop selbst und auch mit dessen Umgang. Im Rückblick kann die Aussage von KVART und HÄGGSTRÖM (2002) bestätigt werden.

4.2.2 Ergebnisse Hauptversuch

Diagnosen

Die Diagnosen der Probanden wurden in Gruppen zusammengefasst. Kriterium hierfür waren die betroffenen Organsysteme. Bei insgesamt vier der 20 Probanden wurden Erkrankungen des Herzens diagnostiziert. Drei dieser Tiere wurden in die Gruppe HG „schwer“ (HG-Grad 5-6) eingeteilt. Bei einem Tier wurde durch eine ultrasonographische Untersuchung eine Endokarditis festgestellt, bei den anderen Tieren konnten die (herzbezogenen) Diagnosen nicht gesichert werden. Die erwähnten Probanden wurden alle wieder entlassen.

4.2.2.1 Klinische Befunde

JACKSON und SLATER (1997) sprechen von klinischen Symptomen bei Linksherzversagen, wie zum Beispiel eine Verlängerung der kapillären Füllungszeit, Tachykardie, blasse Schleimhäute, schwachen peripheren Puls, kalte Extremitäten und Lungenödem. Typische Symptome bei Rechtsherzversagen sind positiver Venenpuls, getaute Jugularvenen, Tachykardie, ventrale Ödeme und Aszites. Diese Symptome konnten bei den Probanden dieser Studie nicht in Zusammenhang mit den auskultierten Befunden/Herzgeräuschen gebracht werden. Es ergab sich für keinen der klinisch untersuchten Parameter ein signifikanter Unterschied zwischen den HG-Grad Gruppen „leicht“ (HG-Grad 0-1) und „schwer“ (HG-Grad 5-6). Die Ergebnisse der Auskultation ergaben, dass linksseitige Herzgeräusche häufiger auftraten als rechtsseitige. Fasst man Vor- und Hauptversuch zusammen, wurde bei 39 von 40 Tieren links ein Herzgeräusch festgestellt. Für die These, dass die rechts auskultierten HG ihren Ursprung linksseitig haben, der Schall lediglich auf die rechte Seite fortgeleitet wurde, gibt es keinen Hinweis. Es wurde keinerlei Regelmäßigkeit im Bezug auf das Auftreten von HG-Grad-Kombinationen der linken und der rechten Seite gefunden (Tab. 6). Diastolische Herzgeräusche wurden in dieser Studie in keinem Fall diagnostiziert. Dieser Befund deckt sich mit der Aussage von THIELSCHER und FLOCK (1968), welche den systolischen Herzgeräuschen ein deutlich häufigeres Auftreten als den diastolischen bescheinigen. Abb. 12 lässt erkennen, dass „schwere“ Herzgeräusche (HG-Grad 5-6) linksseitig öfter zu hören sind als rechts. Bei Betrachtung der Verteilung der Probanden bei der rechtsseitigen Auskultation fällt auf, dass 16 der 20 Probanden der HG-Grad-Gruppe „leicht“ (HG-Grad 0-2) zugeordnet sind, während es nur fünf Probanden entsprechend auf der linken Seite sind. Auf der linken Körperseite waren, wie zu erwarten, bei Tieren der HG-Grad Gruppe „leicht“ die Herztöne besser abgesetzt, als bei Tieren der HG-Grad-Gruppe „schwer“. Dieses Ergebnis deckt sich mit der klinischen Erfahrung, dass leichte Herzgeräusche bei der Beurteilung der Abgesetztheit der Herztöne weniger ins Gewicht fallen. Der umgekehrte Fall jedoch traf bei der Beurteilung der Herztöne selbst ein: Die Herztöne bei Tieren der

HG-Grad-Gruppe „schwer“ wurden seltener als verändert eingestuft, als die der Tiere der HG-Grad-Gruppe „leicht“. Eine mögliche Erklärung für dieses Phänomen ist, dass bei „schweren“ Herzgeräuschen das HG selbst im Vordergrund des Hörens ist. Bei „leichten“ HG nimmt der Auskultierende evtl. noch andere Erscheinungen wahr. AUINGER (1957) beschreibt den Täubungseffekt folgendermaßen: Eine relativ leise Schallerscheinung unmittelbar vor oder nach einem lauten Schalleindruck entgeht dem menschlichen Ohr infolge gewisser Müdigkeits- und Trägheitserscheinungen. In der vorliegenden Studie wurde hauptsächlich der erste Herzton als verändert beurteilt. Er wurde zum Beispiel als gespalten oder gedoppelt auskultiert. Eine wahrgenommene Doppelschlägigkeit des S1 könnte auch in einem S4 ihren Ursprung haben. Der vierte Herzton wird durch die Vorhofsystemstole verursacht und erscheint gezwungenermaßen in engem zeitlichem Zusammenhang vor dem ersten Herzton (HOLLDACK und WOLF, 1967). Es wäre also vorstellbar, dass der vierte Herzton fälschlicherweise als Beginn des Ersten angenommen wurde, und so die Bewertung des doppelten oder gespaltenen ersten Herztones zustande kommt. Ein weiterer Hinweis auf das Vorhandensein des vierten Herztones findet sich in der Wahl der gewählten Frequenzen. In den niedrigen Frequenzen ist der S4 am besten im PKG darzustellen (HOLMS, 1966).

4.2.2.2 Blutuntersuchung

HEIMPEL (2000) beschreibt als eine mögliche Ursache von funktionellen systolischen Herzgeräuschen die Anämie. Bei sieben Probanden des Hauptversuchs waren die Hämoglobin-Werte erniedrigt, sechs von diesen Tieren wiesen auch erniedrigte Hämatokrit-Werte auf. Anämie könnte bei diesen Tieren der Grund ihres HGs gewesen sein. Drei der sechs anämischen Tiere wurden der HG-Grad-Gruppe „schwer“ (HG-Grad 5-6) zugeordnet, zwei der Gruppe „mittel“ (HG-Grad 3-4) und eins der Gruppe „leicht“ (HG-Grad 0-2). Es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich des Auftretens der untersuchten Laborparameter bei den unterschiedlichen HG-Grad-Gruppen nachgewiesen. BÖRNERT und SEIDEL (1964) berichten vom Einfluss des Kaliumgehaltes im Blut bei Schweinen auf die Ergebnisse der Phonokardiographie. Bei der Behandlung von Rindern mit

verschiedenen Kalziumlösungen konnte CZUB (1961) anhaltende Bradykardien, die mit Erhöhung der Lösung stiegen, feststellen. BÖRNERT und BÖRNERT (1971 a) zitieren SURAWIECZ (1963), der eine verkürzte QT-Zeit im EKG beim Hund bei abnehmendem Kalziumspiegel nachwies. Damit ein Einfluss der Elektrolyte sowohl auf das EKG, als auch das PKG in dieser Arbeit ausgeschlossen werden konnte, wurden die Natrium-, Kalium-, Kalzium- und Chlorid-Werte aller Probanden herangezogen. Abweichungen vom Referenzbereich (siehe Kap. 3.1.1.2) des Kaliumwerts wurden bei sieben der 20 Probanden festgestellt. Bei vier Tieren war der Wert erniedrigt, bei drei Tieren erhöht. Diese sieben Tiere sind in allen HG-Grad-Gruppen vertreten, so dass sich keine Aussage über ein gehäuftes Auftreten treffen lässt. Eine offensichtliche Veränderung war weder im EKG noch im PKG erkennbar.

4.2.2.3 Auswertung der Phonokardiogramme

Vergleicht man die in der Literatur beschriebenen Auswertungsschemata – so weit vorhanden – kann man teilweise Parallelen zu dem Vorgehen in dieser Studie erkennen. KVART und HÄGGSTRÖM (2002) zeichnen an der Stelle der größten Intensität des HGs das PKG auf. In dieser Studie nahm Untersucher 2 die Herzgeräusche während der Aufnahme ortsabhängig unterschiedlich intensiv wahr. Die Aufzeichnung an den zahlreichen Orten ermöglichte in der Regel auch die Aufzeichnung am Punktum maximum des Herzgeräusches. Dieser Ort floss im Unterschied zu KVART und HÄGGSTRÖM (2002) allerdings nicht gesondert in die Auswertung mit ein, sondern wurde wie alle anderen Orte gleichwertig beurteilt. AHLSTROM et. al. (2006) zeichnen von allen vier „traditionellen Auskultationspunkten“ PKG auf. Die anschließende Auswahl beschreiben sie als abhängig von der Qualität und beurteilen diese an Hand visueller und auditiver Gesichtspunkte. Der Beginn der Herztöne im PKG wird mit Hilfe des EKGs bestimmt, die Endpunkte der Herztöne werden am PKG abgelesen: Ein lokales Minimum (nicht näher definiert) stellt das Ende des jeweiligen Herztones dar. Amplituden, die diesem lokalen Minimum folgen und dieses in der Größe auch überragen, sind als HG definiert. Auch im Rahmen dieser Arbeit wurde die erste Auswahl der PKG

durch Mustererkennung getroffen. Das weitere Vorgehen von AHLSTROM et. al. scheint ebenfalls auf Mustererkennung zu beruhen, was in dieser Arbeit zu umgehen versucht wurde.

KUDRIAVTSEV et. al. (2007) ziehen folgendes Resümee über die humanmedizinischen Veröffentlichungen: Die Bestimmung von Beginn und Ende verschiedener Töne/Geräusche ist eine regelrechte Herausforderung. Der jeweilige Endpunkt ist vom verwendeten Filter abhängig, und ist somit einer gewissen Unsicherheit unterworfen. Außerdem sehen die Autoren die manuelle Zerlegung der Herztöne in seine einzelnen Komponenten als problematisch an. Die Bestimmung von Anfang und Ende der Herztöne ist auch in der vorliegenden Arbeit eine große Herausforderung gewesen. Zahlreiche Veröffentlichungen befassen sich mit diesem Thema, jedoch ist zu beachten, dass verschiedene Aufnahmetechniken und unterschiedliche Nomenklaturen ein Vergleichen oder gar Übernehmen der Werte unmöglich macht.

4.2.2.4 Phonokardiogramme

In den Abb. 13 - 16 deuten sich Unterschiede an, was die Anzahl der Ausschläge pro Messpunkt, Ort, Systole und Diastole, positiven und negativen Bereich betrifft. Signifikante Unterschiede zwischen den dargestellten HG-Grad-Gruppen „leicht“ und „schwer“ konnten aber nicht ermittelt werden. Die Ursache hierfür kann einerseits in der geringen Tierzahl liegen, andererseits in der oben bereits erwähnten Bestimmung der Schwellenwerte. Auffällig war in allen Darstellungen (50 Hz und 100 Hz, positiver und negativer Bereich) gegen Ende der Diastole eine wieder ansteigende Zahl von Schwellenwertüberschreitungen. Eine Erklärung für dieses Phänomen ist im Bestehen des Vorhoftons zu suchen. BÖRNERT und BÖRNERT (1971 d) fassen die Aussagen mehrerer Autoren zusammen und ziehen folgendes Fazit: Die beste Darstellung im PKG des S 4 ist mit den Filtern „t“ (50 Hz) und „m1“ (100 Hz) möglich. Für die zeitliche Beziehung des Auftretens des Vorhoftons zum EKG geben die Autoren die P – Zacken – Spitze oder 0,05 – 0,1 s nach Beginn der P – Zacke an. Der zeitlich enge Zusammenhang zwischen der P – Zacke,

der darauf folgenden Kammererregung im EKG und dem o. g. Erscheinen der SW-überschreitenden Amplituden war auch in der vorliegenden Arbeit nachvollziehbar (ein Ausmessen des EKGs wurde nicht durchgeführt). Eine unterschiedliche Tendenz zeichnete sich auch in der Systole (Ort 1-4, 50 Hz und 100 Hz, positiver und negativer Bereich) ab. In der Gruppe der „schweren“ HG (HG-Grad 5-6) treten im zweiten Drittel prozentual mehr Schwellenwertüberschreitungen auf, als in der Gruppe der „leichten“ HG (HG-Grad 0-2). Diese Studie belegt folglich eine unterschiedlich lange Schallerscheinung in dem oben genannten Bereich beim Vergleich der HG-Gruppen „leicht“ und „schwer“. Auf Grund der geringen Tierzahl konnte hier jedoch nur eine Tendenz herausgearbeitet werden. Weitere Untersuchungen mit einer höheren Tierzahl könnten an dieser Stelle weitere Ergebnisse hervorbringen. Hierfür wäre jedoch eine automatisierte Auswertung mit Hilfe von elektronisch arbeitenden Rechenalgorithmen (nach dem in dieser Arbeit beschriebenen System) sinnvoll. Der so anfallende Arbeitsaufwand wäre deutlich geringer, als bei der hier durchgeführten „Handarbeit“.

Im Vergleich des ersten Drittels von Systole und Diastole wurde deutlich, dass die SW-Überschreitungen der Systole zu späteren Messpunkten zahlreicher waren, als in der Diastole. Dieses Ergebnis könnte einerseits der Beweis dafür sein, dass der erste Herzton zeitlich gesehen länger dauert und deshalb zu späteren Zeitpunkten SW-überschreitende Amplituden zeigt, was der Aussage unter anderem von BÖRNERT und BÖRNERT (1971 d) entspräche. Andererseits könnten die Amplituden Ausdruck eines systolischen Herzgeräusches sein. Sind diese Amplituden Ausdruck eines Herzgeräusches, ist fraglich, warum die Überschreitungen auch bei Tieren der HG-Grad Gruppe „leicht“ (HG-Grad 0-2) in Erscheinung treten. An dieser Stelle sind die in der Literatur so häufig als „physiologische Herzgeräusche“ bezeichneten Geräusche mit einzubeziehen. BÖRNERT und BÖRNERT (1971 a), GÖTZE (1984), KVART und HÄGGSTRÖM (2002) beschreiben, dass nicht nur das Herz an sich, sondern auch der Gefäßstamm Schwingungen generiert. Da das Rinderherz zum größten Teil links der Medianen liegt, wie auch der Anfangsteil des Aortenbogens, ist es durchaus vorstellbar, dass die Kammersystole durch den pulsatilen Aufwurf des Blutvolumens Schwingungen des Ausfluss-

traktes verursacht. Derartige Schwingungen würden demnach frühsystolische Geräusche verursachen. Diese These deckt sich mit den Befunden der klinischen Untersuchungen im Rahmen dieser Studie:

- Bei 39 von 40 Tieren wurden Herzgeräusche auf der linken Seite, vorwiegend im dritten ICR auskultiert,
- für den Großteil der Tiere bestand kein Verdacht auf eine Herzerkrankung,
- die Auskultation der rechten Körperseite ergab mehr Tiere mit der Beurteilung HG-Grad 0 als links,
- signifikante Unterschiede im Vergleich der HG-Grad-Gruppen „leicht“ (HG-Grad 0-2) und „schwer“ (HG-Grad 5-6) ergaben sich (bisher) nur für die Orte 1 und 2, welche beide im dritten ICR links liegen.

Es kann demnach nicht ausgeschlossen werden, dass die in dieser Studie als „leicht“ beurteilten HG, physiologischer Natur sind.

An Hand der angewendeten Methode können momentan nur Aussagen zu den verschiedenen HG-Grad-Gruppen getroffen werden. Die Differenzierung von HG-freien und HG-darstellenden PKG-Kurven ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich, aber auch nicht ausgeschlossen.

Bei der Berechnung der Summe der AUC und der Summe der Ausschläge (siehe Tab. 9) konnten signifikante Unterschiede zwischen den HG-Grad-Gruppen „leicht“ (HG-Grad 0-2) und „schwer“ (HG-Grad 5-6) ermittelt werden. Diese Aussage beschränkte sich hauptsächlich auf den Ort 1 in der Systole (50 Hz). Hierbei muss man bedenken, dass Herzgeräusche, je nach Intensität, nicht an jedem Ort zu hören sind. Dies könnte eine Ursache sein, warum sich dieser Unterschied auf einen Ort beschränkt. Jedoch erklärt dies nicht, warum nicht auch in der 100 Hz Darstellung ein statistisch signifikanter Unterschied feststellbar war. Auch in diesem Fall ist eine höhere Tierzahl notwendig, um eindeutige Ergebnisse zu erzielen.

Ausblick:

Diese Studie zeigt einen Weg zur objektiven Auswertung von PKG-Kurven. Die Beurteilung von PKG im Hinblick auf eine Klassifizierung der Herzgeräusche ist zum derzeitigen Zeitpunkt nicht möglich. Hierfür sind weitere Versuche mit einer höheren Tierzahl nötig, um einerseits die Herztöne selbst (pro Aufnahmeort und darstellender Frequenz) klar abzugrenzen und andererseits die Darstellung der HG näher zu untersuchen. In zukünftigen Studien könnten Schwerpunkte auf die Orte gelegt werden, an denen sich die Herzgeräusche mit ihrer größten Intensität darstellen. Durch diese Eingrenzung lassen sich evtl. deutlichere Unterschiede zwischen den HG-Grad-Gruppen darstellen. Die Charakteristik der HG könnte in diesem Fall ebenfalls analysiert werden. Anschließend können die Auskultationsbefunde den unabhängig davon erstellten PKG-Auswertungen gegenübergestellt werden.

Ein weiterer Aspekt ist die Auswertung der PKG mit „engeren“ Schwellenwerten. Eine Aussage zur klinischen Relevanz dieser Anwendung ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich, aber vorstellbar. Weitere Untersuchungen, auch von „klinisch herzgesunden“ Rindern könnten Aufschluss für die Bewertung von PKG-Ergebnissen (zum Beispiel in Bezug auf das Auftreten von Amplituden zu bestimmten Messpunkten) geben. Darauf aufbauend könnten diese Ergebnisse im Zusammenhang mit dem Gesundheitszustand und dem Wert des Rindes Entscheidungen fokussieren oder Prognosen präzisieren. Interessant wäre vor diesem Hintergrund auch das Erfassen und Auswerten von PKG von Kälbern mit angeborenen Herzfehlern.

5 Zusammenfassung

Anke Reisse (2008):

Objektivierung von Herzgeräuschen beim Rind mittels Phonokardiographie

In der vorliegenden Arbeit sollte untersucht werden, ob Herzgeräusche beim erwachsenen Rind mittels Phonokardiographie objektiv diagnostiziert/dargestellt werden können. Diese Untersuchung erfolgte an Hand von PKG-Kurven und machte ein Erarbeiten eines Auswertungsschemas nötig. Diese Studie wurde an Rindern (≥ 2 Jahre) durchgeführt, die Patienten der Klinik für Wiederkäuer, Oberschleißheim waren.

Der Meditron Analyzer 4.0 (Welch Allyn GmbH & Co KG, Jungingen) ermöglichte das simultane Aufzeichnen von EKG und PKG. Erstgenanntes wurde mit einer Brustwandableitung erstellt und diente für das PKG als Zeitgeber. In einem Vorversuch ($n = 20$) wurden so genannte Schwellenwerte zur Abgrenzung von „Grundrauschen“ (= Amplituden zwischen den Herztönen) und Geräuschen und/oder Tönen ermittelt. Diese Schwellenwerte wurden sowohl für vier Aufnahmeorte pro Körperseite (jeweils im dritten und vierten ICR, dorsal und ventral), als auch für die Darstellung des PKGs unter Verwendung eines 50 Hz und eines 100 Hz Filters jeweils für den positiven und negativen Bereich etabliert. Im darauf folgendem Hauptversuch wurden Probanden ($n = 20$) klinisch untersucht und auf Grund der Auskultationsbefunde HG-Graden 0-6 zugewiesen und in Gruppen eingeteilt: HG „leicht“ (HG-Grad 0-2), HG „mittel“ (HG-Grad 3-4) und HG „schwer“ (HG-Grad 5-6). PKG wurden von allen oben genannten acht Orten aufgezeichnet. Die Qualität und die Anzahl der auswertbaren PKG der rechten Körperseite war sehr gering, so dass diese Aufnahmen nicht in die Auswertung mit einbezogen wurden. Für die PKG-Auswertung wurden ausgewählte Herzaktionen vergrößert dargestellt und auf Millimeterpapier gedruckt. Systole und Diastole wurden mit Hilfe des EKGs gekennzeichnet und die Schwellenwerte von Hand eingezeichnet. Ferner wurden Systole und Diastole in der 50 Hz Darstellung in je 10, in der 100 Hz Darstellung in je 20 gleiche Intervalle unterteilt. An den so entstandenen

Messpunkten wurden die Amplituden vermessen, deren Über-/Unterschreiten oder Fehlen vermerkt. Für die den Schwellenwert-überschreitenden Amplituden wurde deren Auftreten in Prozent pro Messpunkt an den verschiedenen Orten, in beiden Frequenzdarstellungen ermittelt. Hierbei ergaben sich im Vergleich der Summe der Ausschläge der Gruppen „leicht“ und „schwer“ für den Ort 1, während der Systole in der 50 Hz Darstellung und für den Ort 2, während der Systole in der 100 Hz Darstellung signifikante Unterschiede ($p = 0,041$ und $p = 0,034$).

Bei der Berechnung der Fläche unter der Kurve anhand dieser Ausschläge stellte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen „leicht“ und „schwer“ für den Ort 1, in der Systole in der 50 Hz Darstellung heraus ($p = 0,042$). Ferner wurden die Mittelwerte der den Schwellenwert überschreitenden Amplitudengrößen berechnet. Im Vergleich der beiden Gruppen „leicht“ und „schwer“ konnte ein signifikanter Unterschied für den Ort 1, in der Systole in der 50 Hz Darstellung im positiven Bereich ($p = 0,034$), als auch für den Ort 2 in der Systole in der 50 Hz Darstellung im negativen Bereich ($p = 0,045$) festgestellt werden.

Zukünftige Untersuchungen könnten die hier aufgezeigten unterschiedlichen Tendenzen zwischen den beiden Gruppen „leicht“ und „schwer“ erhärten. Weitere Untersuchungen mit höherer Tierzahl könnten helfen, Herzgeräusche zu klassifizieren. Außerdem könnten auch Aussagen über die rechte Körperseite getroffen werden. Hilfreich wäre hierfür die Entwicklung von elektronisch arbeitenden Rechenalgorithmen nach dem in dieser Arbeit beschriebenen System zur Auswertung der Phonokardiogramme.

6 Summary

Anke Reisse (2008):

Phonocardiographical investigations of heart murmurs in cattle

The objective of the present study was to examine if heart murmurs in adult cattle can be objectively diagnosed using phonocardiography. The examinations were conducted using phonocardiograms (PCG) and required a scheme for evaluation. Twenty cattle older than two years of age that were hospitalised at the Clinic for Ruminants, Oberschleissheim, were used for the study. In all of them, heart murmurs were detected during auscultation.

The Meditron Analyzer 4.0 (Welch Allyn GmbH & Co KG, Jungingen) allowed the simultaneous recording of electrocardiogram (ECG) and PCG. The ECG using a thoracic lead served as a timeline for the PCG. In a pre-test ($n = 20$) so called threshold values were established which marked the division between the “background noise” (amplitudes between the heart sounds) and murmurs. These threshold values (for positive and negative range) were established for four different locations per side of the body (in the third and fourth intercostals spaces (ICS), dorsally and ventrally, respectively), as well as for the presentation of the PCG with use of a 50, 100 Hz filter, respectively. In the subsequent main study twenty animals were examined clinically and according to the results of auscultation assigned to the heart murmur grades (HM) 0-6 and categorised into groups: HM “faint” (HM grade 0-2), HM “moderately loud” (HM grade 3-4) and HM “loud” (HM grade 5-6). PCG were recorded on all eight locations mentioned above. The quality and number of acceptable PCGs of the right body side was very low, thus these recordings were not used in the analysis. For the PCG evaluation certain selected heart actions were presented in a larger scale and printed on graph paper. Systole and diastole were marked using the ECG and the threshold values were drawn in manually. In addition, systole and diastole were divided into 10 and 20 equal intervals for the 50 Hz and 100 Hz presentations, respec-

tively. At these determined points the amplitudes were measured and recorded if they were above / below the threshold values or if no values could be measured at these points. For amplitudes that were outside the threshold values relative frequency at each point of measurement for each location and for 50 and 100 Hz presentations was calculated. Comparing the sum of the amplitudes outside the threshold values between the groups “faint” and “loud” significant differences were found for the location 1 (third ICS, dorsally, left side) in the systole at 50 Hz and for the location 2 (third ICS, ventrally, left side) in the systole at 100 Hz ($p = 0.041$ and $p = 0.034$).

A significant difference between the groups “faint” and “loud” was found for the location 1 in the systole at 50 Hz ($p = 0.042$) concerning the area under the curve using the amplitudes measured at these 10 and 20 points of measurement, respectively. In addition, the mean values of the amplitudes that were outside the threshold values were calculated. Comparing the groups “faint” and “loud” a significant difference was also found for the location 1 in the systole at 50 Hz in the positive range ($p = 0.034$) as well as for location 2 in the systole at 50 Hz in the negative range ($p = 0.045$).

Further investigations could confirm the tendencies found in the present study. Additional investigations with a larger number of animals could help to classify heart murmurs. Besides, they might help to increase the chances of obtaining usable measurements from the right side. Also, an algorithm for automatic evaluation of PCGs based on the data of the present study would be very helpful.

7 Verzeichnisse

7.1 Literaturverzeichnis

- [1] AHLSTROM, C., HULT, P., RASK, P., KARLSSON, J.-E., NYLANDER, E., DAHLSTRÖM, U., ASK, P. (2006)
Feature Extraction for Systolic Heart Murmur Classification.
Annals of Biomedical Engineering. 34 (11), 1666-1677.
- [2] ALFREDSON, B. V., SYKES, J. F. (1942)
Electrocardiograph studies in normal dairy cattle.
J. Agr. Res. 65, 61.
- [3] AUINGER, W. (1957)
Physikalische Grundlagen und klinische Leistungsfähigkeit der Phonokardiographie.
Wien. Z. Inn. Med. 38(6), 217-231.
- [4] BÖRNERT, G., SEIDEL, H. (1964)
Untersuchungen an Schweinen. XI. Mitteilung: Phonokardiographische Messungen an klinisch gesunden Schweinen.
Arch. Exp. Vet. med. 18, 485.
- [5] BÖRNERT, G. (1967)
Untersuchungen zur Phonokardiographie bei Rind, Schaf, Schwein, Hund und Katze.
Vet. med. Diss., Leipzig.
- [6] BÖRNERT, D., BÖRNERT, G. (1971 a)
Untersuchungen zur Phonokardiographie in der Veterinärmedizin. I. Mitteilung: Die geschichtliche Entwicklung der Phonokardiographie und ihre Bedeutung für die Veterinärmedizin.
Arch. Exp. Veterinärmed. 25(3), 549-563.

- [7] BÖRNERT, D., BÖRNERT, G. (1971 b)
Untersuchungen zur Phonokardiographie in der Veterinärmedizin. II. Mitteilung: Theoretische Grundlagen der Phonokardiographie.
Arch. Exp. Veterinärmed. 25(3), 565-621.
- [8] BÖRNERT, D., BÖRNERT, G. (1971 c)
Untersuchungen zur Phonokardiographie in der Veterinärmedizin. III. Mitteilung: Methode und Gerätetechnik der Phonokardiographie.
Arch. Exp. Veterinärmed. 25(4), 619-633.
- [9] BÖRNERT, D., BÖRNERT, G. (1971 d)
Untersuchungen zur Phonokardiographie in der Veterinärmedizin. IV. Mitteilung: Das Elektrophonokardiogramm des Rindes.
Arch. Exp. Veterinärmed. 25(4), 635-650.
- [10] CZUB, E. (1961)
Die Herzfunktion unter dem Einfluss von Kalziumlösungen beim Rind.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 68, 298.
- [11] DEBBAL, S. M., BEREKSI-REGUIG, F. (2004)
Heartbeat sound analysis with the wavelet transform.
Journal of Mechanics in Medicine and Biology. 4(2), 133-141.
- [12] DEBBAL, S. M., BEREKSI-REGUIG, F. (2006)
Analysis and study of the variation of splitting in the second heartbeat sound of wavelet transform.
Journal of Medical Engineering and Technology. 30(5), 298-305.
- [13] DETWEILER, D. K. (1962)
Wesen und Häufigkeit von Herzkrankheiten bei Hunden.
Zbl. Vet. Med. 4, 317.
- [14] ENHÖRNING, G. (1962)
Das Elektrokardiogramm der Rinder.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 69, 242

- [15] ERNST, W. (1952)
Kurze Bemerkungen zu aktuellen Problemen und zur Klinik der Herschallschreibung.
Wien. Klein. Wochenschr. 64(25), 453-457.
- [16] FRANKE, P. (1984):
Allgemeine und spezielle Auskultation des Herzens.
J.F. Bergmann Verlag, München.
- [17] GARTEN, J. (1953)
Zur Bedeutung der Herzschallschreibung.
Dtsch. Gesundheitsw. 8(17), 501-508.
- [18] GÖTZE, L. (1984)
Übersichtsreferat: Kardiologie des Rindes: Grundlagen und Ausblicke.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 91, 45-84.
- [19] GRABANSCHKY, P., DIMITROW, S.(1960)
Untersuchung über Herzerkrankungen bei Hochleistungsfähigen Kühen. II. Mitteilung:
Klinik. Prophylaxe und Therapie der Myokarditis.
Nautschnitrudowe Sofia 5, 105.
- [20] GRÜNDER, H.-G. (2002)
Krankheiten der Kreislauforgane und des Blutes.
In: DIRKSEN, G., GRÜNDER, H.-D., STÖBER, M.: Innere Medizin und Chirurgie des
Rindes, 4. Auflage. 159-270.
Blackwell Verlag GmbH, Berlin.
- [21] HARMEYER, J. (2000)
Herz
In: ENGELHARDT, W.v., BREVES, G.: Physiologie der Haustiere, 136-168.
Enke Verlag, Stuttgart.
- [22] HARMS, V. (1998)
Biomathematik, Statistik und Dokumentation, 7. Auflage.
Harms Verlag, Kiel.

- [23] HEIENE, R., KVART, C., INDREBØ, A., SKAALNES, H. M., ULSTAD, A. K. (2000)
Prevalence of murmurs consistent with aortic stenosis among boxer dogs in Norway and Sweden.
Veterinary Record. 147, 152-156.
- [24] HEIMPEL, H. (2000)
Erkrankungen der Erythrozyten.
In: GEROK, W., HUBER, C., MEINERTZ, T.: Die Innere Medizin, 10. Auflage.
Schattauer Verlag, Stuttgart.
- [25] HEINECKER, R. (1980)
EKG in Praxis und Klinik, 11. Auflage.
Thieme Verlag, Stuttgart.
- [26] HELMHOLZ, H. (1863)
Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. Braunschweig.
Zitiert aus: HOLLDACK, K. (1952)
Die Phonokardiographie, ihre Bedeutung für die sinnesphysiologischen Grundlagen der Herzauskultation und ihre diagnostische Verwendung.
Ergeb. Inn. Med. Kinderheilkd. 3, 406-487.
- [27] HENSSGE, R. (1970 a)
Beitrag zur Phonokardiographie. Teil I: Die Einordnung und Charakteristik akzidenteller und funktioneller Systolika bei Erwachsenen.
Z. Arztl. Fortbild. (Jena). 64(4), 165-174.
- [28] HENSSGE, R. (1970 b)
Beitrag zur Phonokardiographie. Teil II: Die differentialdiagnostische Wertigkeit der Funktionsphonokardiographie.
Z. Arztl. Fortbild. (Jena). 64(4), 168-171.
- [29] HIGUCHI, K., SATO, K., MAKUUCHI, H., FURUSE, A., TAKAMOTO, S., TAKEDA, H. (2006)
Automated diagnosis of heart disease in patients with heart murmurs: application of a neural network technique.
Journal of Medical Engineering and Technology. 30(2), 61-68.

- [30] HOLLDACK, K. (1951)
Die Phonokardiographie in der Herzdiagnostik.
Arztl. Wochensch. 6(28), 649-654.

- [31] HOLLDACK, K. (1952)
Die Phonokardiographie, ihre Bedeutung für die sinnesphysiologischen Grundlagen der Herzauskultation und ihre diagnostische Verwendung.
Ergeb. Inn. Med. Kinderheilkd. 3, 406-487.

- [32] HOLLDACK, K., WOLF, D. (1967)
Herzschall-Fiebel. Einführung in die Mechanokardiographie, 3. Auflage.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

- [33] HOLLDACK, K., WOLF, D. (1974)
Atlas und kurzgefaßtes Lehrbuch der Phonokardiographie und verwandter Untersuchungsmethoden. 4. Auflage.
Georg Thieme Verlag.

- [34] HOLMES, J. R. (1966)
Equine Phonocardiography.
Vet. Res. 16, 16-25.

- [35] HÜRTHELE, K. (1893)
Über die Erklärung des Kardiogramms mit Hilfe der Registrierung der Töne.
Dtsch. med. Wschr. 19, 77.

- [36] HULT, P., FJÄLLBRANT, T., WRANNE, B., ASK, P. (2004)
Detection of the third heart sound using a tailored wavelet approach.
Med. Biol. Eng. Comput. 42, 253-258.

- [37] JACKSON, P., SLATER, J. (1997)
Cardiovascular disease in cattle.
In. Practice. 19(9), 472-483.

- [38] KUDRIAVTSEV, V., POLYSHCHUK, V., ROY, D. L. (2007)
Heart energy signature spectrogram for cardiovascular diagnosis.
BioMedicalEngineeringOnLine2007, 6:16.
<http://www.biomedical-engineering-online.com/content/6/1/16>
letztmaliger Zugriff: 04.12.2007
- [39] KVART, C., HÄGGSTRÖM, J. (2002)
Cardiac Auscultation and Phonocardiography in Dogs, Horses and Cats.
TK i Uppsala AB, Sweden.
- [40] LENTH, R. V. (2006)
Java Applets for Power and Sample Size [Computer software].
<http://www.stat.uiowa.edu/~rlenth/Power>.
letztmaliger Zugriff: 17.03.2008
- [41] MAYER, E. (1968)
Der Einfluss von Digitalis und Strophanthin im EKG des Rindes mit Untersuchungen zur Klärung der Natur der darin auftretenden Strecken.
Vet. med. Diss., München.
- [42] MONEVA-JORDAN, A., LUIS FUENTES, V., CORCORAN, B. M., FRENCH, A.,
DUKES-McEWAN, J. (2007)
Pulsus alternans in English cocker spaniels with dilatated cardiomyopathy.
Journal of Small Animal Practice. 48, 258-263.
- [43] MOYERS, B., SHAPIRO, M., MARCUS, G. M., GERBER, I. L., McKEOWN, B.,
VESSEY, J. G., JORDAN, M. V., HUDDLESTON, M., FOSTER, E., CHATTERJEE, K.,
MICHAELS, A. D. (2007)
Performance of Phonoelectrocardiographic Left Ventricular Systolic Time Intervals and B-Type Natriuretic Peptide Levels in the Diagnosis of Left Ventricular Dysfunction.
Ann. Noninvasive. Electrocardiol. 12(2), 89-97.
- [44] NEUMANN-KLEINPAUL, K., STEFFAN, H. (1932)
Zur graphischen Darstellung der Herztöne bei Tier und Mensch.
Arch. Tierheilk. 65, 629.

- [45] NEUMANN-KLEINPAUL, K., STEFFAN, H. (1933)
Die kombinierte Elektrokardiogramm-Herztonaufnahme bei Tier und Mensch.
Arch. wiss. prakt. Tierhk. 66, 1-14.
- [46] NÖRR, J. (1913)
Das Elektrokardiogramm des Pferdes. Seine Aufnahme und Form.
Zsch. Biol. 61, 197-229.
- [47] NÖRR, J. (1921)
Elektrokardiogrammstudien am Rind.
Z. Biol. 34, 129.
- [48] ORIAS, O., BRAUN-MENENDEZ, E. (1939)
The heart sounds in normal and pathological conditions.
Oxford University Press, London.
Zitiert aus: BÖRNERT, D., BÖRNERT, G. (1971 b)
Untersuchungen zur Phonokardiographie in der Veterinärmedizin. II. Mitteilung: Theoretische Grundlagen der Phonokardiographie.
Arch. Exp. Veterinärmed. 25(3), 565-621.
- [49] SANDER, W. (1965)
Das Elektrokardiogramm des Rindes. Klinische und pathologisch-anatomische Untersuchungen an leukosekranken Rindern.
Vet. med. Diss., Berlin.
- [50] SANDER, W (1968)
Das Elektrokardiogramm des Rindes.
Zbl. Vet. Med. A 15, 587-643.
- [51] SCHÜTZ, E. (1929)
Über Ableitungen und Form des normalen menschlichen Herzschallbildes.
Zschr. ges. exp. Med. 67,751.
- [52] SCHÜTZ, E. (1958)
Physiologie des Herzens.
Springer Verlag, Berlin.

- [53] SILBERNAGEL, S., DESPOPOULOS, A. (2001)
Taschenatlas der Physiologie, 5. Auflage. 42-77, 186-221, 310-370.
Thieme Verlag, Stuttgart.
- [54] SINGH, J., ANAND, R. (2007)
Computer aided analysis of phonocardiogram.
Journal of Medical Engineering and Technology. 31(5), 319-323.
- [55] SPÖRRI, H. (1944)
Der Einfluss der Tuberkulose auf das Elektrokardiogramm.
Arch. wiss. prakt. Tierhk. 79, 1 – 57.
- [56] SPÖRRI, H. (1954)
Untersuchungen über die Systolen- und Diastolendauer des Herzens bei den verschiedenen Haustierarten und ihre Bedeutung für die Klinik und Beurteilungslehre.
Schweizer Arch. Tierheilk. 96, 593-604.
- [57] STEFFAN, H. (1935)
Das Herz bei inneren Erkrankungen des Pferdes. I. Mitteilung: Elektro- und phonokardiographische Untersuchungen.
Arch. wiss. u. prakt. Tierhk. 68, 159.
- [58] STÖBER, M., GRÜNDER, H.-G. (1990)
Kreislauf.
In: ROSENBERGER, G.: Die klinische Untersuchung des Rindes, 3. Auflage. 171-241.
Paul Parey Verlag, Berlin.
- [59] THIELSCHER, H.-H., FLOCK, D. (1968)
Elektro- und phonokardiographische Untersuchungen an herzgesunden Rindern verschiedenen Alters.
Zbl. Vet. Med. A. 15(5), 401-411.
- [60] TRENDLENBURG, F. (1954)
Physikalische Grundlagen der Herzschrallregistrierung.
Verh. dtsch. Ges. Kreisl. forsch 20,293.

- [61] TRENDLENBURG, W. (1933)
Untersuchungen über die Aktionsströme des menschlichen Herzens. I. Mitteilung: Zur Methodik der Ableitung der Aktionsströme.
Z. f. d. ges. Med. 92
- [62] TSCHUDI, P., MARTIG, J: (1989)
Herz- und Kreislaufphysiologische Untersuchungen an Rindern mit und ohne Kardiomyopathie.
Zbl. Vet. Med. A. 36 (8), 612-620.
- [63] VANSELOW, B., MCCARTHY, M., GAY, C.-C. (1978)
A phonocardiographic study of equine heart sounds.
Aust. Vet. J. 54(4), 161-170.
- [64] WAGNER, J. (1985)
Praktische Kardiologie.
De Gruyter Verlag, Berlin.
- [65] WANG, P., LIM, C.-S., FOO, J.-Y., ANANTHARAMAN, V. (2007)
Phonocardiographic signal analysis method using a modified hidden Markov model.
Ann. Biomed. Eng. 35(3), 367-74.
- [68] WEISSEL, W. (1950)
Funktionelle Phonokardiographie.
Wien. Z. Inn. Med. 31(11), 417-421.
- [66] WIESNER, E.; RIBBECK, R. (2000)
Lexikon der Veterinärmedizin, 4. Auflage.
Enke Verlag, Stuttgart.
- [67] ZEROBIN, K. (1958)
Elektrokardiographische Untersuchungen an gesunden und kranken Katzen.
Vet. med. Diss., Wien.
- [68] ZICHNER, M. (1968)
Elektrokardiographische und Phonokardiographische Untersuchungsbefunde beim Pferd.
Vet. med. Diss., Hannover

[69] ZIETSCHMANN, O. (1977)

Das Skelettsystem. Der passive Bewegungsapparat.

In: ELLENBERGER, W., BAUM, H.: Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. 18. Auflage. 6-189.

Springer Verlag, Berlin.

7.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Beschreibung der auskultierten Lokalisationen und deren Benennung	32
Tab. 2:	Mustertabelle zum Eintragen der abgelesenen Schwellenwert-Überschreitungen pro Intervall für eine 50 Hz Darstellung.	43
Tab. 3a:	Im Vorversuch ermittelte Schwellenwerte (SW) für die Aufnahmeorte der linken Körperseite	46
Tab. 3b:	Im Vorversuch ermittelte Schwellenwerte (SW) für die Aufnahmeorte der rechten Körperseite	46
Tab. 4:	Symptome der 20 Probanden des Hauptversuchs laut Vorbericht	49
Tab. 5:	Ergebnisse der Venenstauproben beider Körperseiten der 20 Tiere des Hauptversuchs	51
Tab. 6:	Aufteilung der 20 Probanden des Hauptversuchs entsprechend ihrer HG-Grade der linken und rechten Körperseite	52
Tab. 7:	Berechnung der Signifikanz (p) mittels Chi-Quadrat-Test für die Häufigkeit des Auftretens der aufgeführten klinischen Befunde für die linke und die rechte Körperseite	55
Tab. 8:	Anzahl der aufgenommenen und ausgewerteten PKG pro Ort, aller 20 Probanden des Hauptversuchs	62
Tab. 9:	Berechnung der Signifikanz (p) für die Summe der Flächen und die Summe der Anzahl der Ausschläge pro Ort, pro Systole/Diastole, pro Frequenz	64
Tab. 10:	Auflistung aller gestellter Diagnosen und deren Zuordnung in die jeweilige Diagnose-Gruppe. Die Zuordnung erfolgte auf Grund des betroffenen Organsystems	100
Tab. 11:	Anzahl der gestellten Diagnosen (ja/nein) pro Diagnose-Gruppe für die 20 Probanden des Hauptversuches entsprechend ihrer HG-Grade angeordnet	101
Tab. 12:	Laborwerte der 20 Probanden des Hauptversuchs für die HG-Grad-Gruppen „leicht“ (HG 0-2), „mittel“ (HG 3-4), „schwer“ (5-6)	102
Tab. 13:	Anzahl der Tiere pro Befund der klinischen Untersuchung der linken Körperseite, sortiert nach den HG-Graden.	103
Tab. 14:	Anzahl der Tiere pro Befund der klinischen Untersuchung der rechten Körperseite, sortiert nach den HG-Graden.	104
Tab. 15:	Anteil der Schwellenwert-überschreitenden Ausschläge in Prozent der Orte 1-4 in der 50 und 100 Hz Darstellung, die Probanden sind entsprechend ihres HGs in Gruppen eingeteilt.	105

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Schematischer Verlauf einer EKG-Kurve während einer Herzaktion (modifiziert nach SILBERNAGEL und DESPOPOULOS, 2001)	7
Abb. 2:	Schematische Darstellung von Wellenlänge, Amplitude und Schwingungsformen (SILBERNAGEL und DESPOPOULOS, 2001)	11
Abb. 3:	Schematische Darstellung der phonokardiographisch zu unterscheidenden Schallphänomene (STÖBER und GRÜNDER, 1990)	14
Abb. 4:	Schematische Darstellung des zeitlichen Zusammenhangs eines EKGs (obere Kurve) und der Abbildung der Herztöne 1-4 in einem PKG (unten im Bild), modifiziert nach BÖRNERT und BÖRNERT (1971 b)	24
Abb. 5:	Untersuchungsprotokoll für die klinische Untersuchung	30
Abb. 6:	Schematische Darstellung der auskultierten Lokalisationen der linken (oben) und der rechten Körperseite (unten), modifiziert nach ZIETZSCHMANN (1977)	33
Abb. 7:	Bildschirmansicht: Beispiel einer auf drei Herzaktionen vergrößerten Darstellung eines EKGs (obere Kurve) und PKGs (untere Kurve, 100 Hz), Ort 2, druckfertig	36
Abb. 8:	Amplituden eines PKGs schematisch dargestellt zur Veranschaulichung der Definition „Herzgeräusch“	37
Abb. 9:	Bildschirmansicht: Beispiel einer auf zwei Herzaktionen vergrößerten Darstellung eines EKGs (obere Kurve) und PKGs (untere Kurve, 100 Hz), Ort 1, druckfertig	40
Abb. 10:	Schematische Darstellung einer auszuwertenden EKG-/PKG- (50 Hz) Sequenz	41
Abb. 11:	Beispielhafte Darstellung von drei Möglichkeiten beim Ablesen der Amplituden	42
Abb. 12:	Anzahl der Tiere (n = 20) nach ihrem Herzgeräusch-Grad der linken und der rechten Körperseite angeordnet	53
Abb. 13:	Anteile der Tiere mit Amplituden oberhalb der entsprechenden Schwellenwerte (positiver und negativer Bereich) zu 20 Messpunkten in der Systole nach Intensität des Herzgeräusches gruppiert Ort 2, 100 Hz	58
Abb. 14:	Anteile der Tiere mit Amplituden oberhalb der entsprechenden Schwellenwerte (positiver und negativer Bereich) zu 20 Messpunkten in der Diastole nach Intensität des Herzgeräusches gruppiert Ort 2, 100 Hz	59
Abb. 15:	Anteile der Tiere mit Amplituden oberhalb der entsprechenden Schwellenwerte (positiver und negativer Bereich) zu 10 Messpunkten in der Systole nach Intensität des Herzgeräusches gruppiert Ort 2, 50 Hz	60

Abb. 16: Anteile der Tiere mit Amplituden oberhalb der entsprechenden Schwellenwerte zu 10 Messpunkten in der Diastole nach Intensität des Herzgeräusches gruppiert Ort 2, 50 Hz	61
---	----

8 Anhang

Tab. 10: Auflistung aller gestellter Diagnosen und deren Zuordnung in die jeweilige Diagnose-Gruppe. Die Zuordnung erfolgte auf Grund des betroffenen Organsystems.

Diagnose-Gruppe	zugeordnete Erkrankungen
Erkrankung des Bewegungsapparat	<ul style="list-style-type: none"> • Bursitis tarsalis lateralis/-praecarpalis • Dekubitus • Interdigitalnekrose • Klauenbeinnekrose • Klauenrehe • kompliziertes Rusterhohes Sohlengeschwür • Peritarsitis • Schwanzspitzennekrose • Tarsitis • Tendinitis • Zehenphlegmone
Erkrankung des Atmungsapparat	<ul style="list-style-type: none"> • Lungenemphysem
Erkrankung des Verdauungsapparat	<ul style="list-style-type: none"> • Blinddarmdilatation • Enteritis catarrhalis acuta • Fremdkörper in der Haubenwand • Labmagenverlagerung nach links/rechts
Erkrankung des Harnapparat	-
gynäkologische Erkrankungen	<ul style="list-style-type: none"> • Endometritis • Nachgeburtsverhaltung • Thelitis • Vaginitis • Zisternitis • Zitzenkuppenverletzung
Erkrankung der Leber	<ul style="list-style-type: none"> • Hepatopathie
Stoffwechselerkrankungen	<ul style="list-style-type: none"> • Ketose • Selenmangel
Herz-/Kreislauserkrankungen	<ul style="list-style-type: none"> • Anämie • Endokarditis • Kardiomyopathie • Thrombophlebitis
Sonstige Erkrankung	<ul style="list-style-type: none"> • Haarlingsbefall • Injektionsschäden • Kachexie • Läusebefall • lokale Peritonitis • Nahtdehiszenz

Tab. 11: Anzahl der gestellten Diagnosen (ja/nein) pro Diagnose-Gruppe für die 20 Probanden des Hauptversuches entsprechend ihrer HG-Grade angeordnet

Diagnose-Gruppe/ gestellte Diagnose		HG 0	HG 1	HG 2	HG 3	HG 4	HG 5	HG 6
Erkrankung des Bewegungsapparates	nein	1	0	1	3	3	4	1
	ja	0	2	1	1	1	2	0
Erkrankung des Atmungsapparates	nein	1	2	2	4	2	6	0
	ja	0	0	0	0	2	0	1
Erkrankung des Verdauungstraktes	nein	1	2	2	3	2	4	0
	ja	0	0	0	1	2	2	1
Erkrankung des Harnapparates	nein	1	2	2	4	4	6	1
	ja	0	0	0	0	0	0	0
gynäkologische Erkrankung	nein	1	2	1	2	3	4	1
	ja	0	0	1	2	1	2	0
Erkrankung der Leber	nein	1	2	2	3	4	6	1
	ja	0	0	0	1	0	0	0
Stoffwechsel Erkrankung	nein	1	2	2	3	4	3	0
	ja	0	0	0	1	0	3	1
Herzerkrankung	nein	1	2	1	3	3	2	0
	ja	0	0	1	1	1	4	1
Sonstige Erkrankungen	nein	1	2	2	1	2	4	0
	ja	0	0	0	3	2	2	1

Tab. 12: Laborwerte der 20 Probanden des Hauptversuchs für die HG-Grad-Gruppen „leicht“ (HG 0-2), „mittel“ (HG 3-4), „schwer“ (5-6)

Parameter	HG-Grad-Gruppe „leicht“ (n = 5)			HG-Grad-Gruppe „mittel“ (n = 8)			HG-Grad-Gruppe „schwer“ (n = 7)		
	Min	Max	Median	Min	Max	Median	Min	Max	Median
Hämoglobin [g/dl]	9,1	11,8	10,7	7,7	14,3	11,05	8,7	11,4	9,8
Hämatokrit [%]	25	32	30	24	40	31	26	33	30
Trombozyten [giga/l]	459	1167	630	40	1693	499	439	1345	692
Glutaraldehyd-test [min]	1	11	2,5	2	16	4,5	0,5	16	11
Natrium [mmol/l]	138,7	142,2	139,5	130,6	140,2	137,7	131,1	142	138,4
Kalium [mmol/l]	2,19	4,2	3,41	2,4	4,27	3,6	2,7	3,6	3
Chlorid [mmol/l]	95	104	104	95	106	101	93	106	99
Calcium (ionisiert) [mmol/l]	0,9	2,5	1,02	0,98	1,2	1,1	0,9	1,3	1,1

Min = Minimal-Wert

Max = Maximal-Wert

Tab. 13: Anzahl der Tiere pro Befund der klinischen Untersuchung der linken Körperseite, sortiert nach den HG-Graden. Die Befunde des Triels, der Schleimhäute und der Episkleralgefäße (ESG) beziehen auf beide Körperseiten.

Befunde		HG 0	HG 1	HG 2	HG 3	HG 4	HG 5	HG 6
Adspektion V. jugularis	unauffällig	0	2	1	2	1	3	1
	gestaut	0	0	1	1	1	2	0
	pulsierend	1	0	0	1	2	1	0
Staubarkeit V. jugularis	gut	1	2	2	3	4	4	1
	schlecht	0	0	0	1	0	2	0
Leerlaufen V. jugularis	gut	1	2	1	3	3	5	1
	schlecht	0	0	1	1	1	1	0
Ausstreifbarkeit V. jugularis	entfällt	1	2	1	3	3	5	1
	ja	0	0	1	1	1	0	0
	nein	0	0	0	0	0	0	0
erneutes Füllen der V. jugularis	entfällt	0	0	1	1	1	1	0
	ja	0	0	0	0	0	0	0
	nein	1	2	1	3	3	5	1
Herzstoß	nicht fühlbar	0	0	0	1	0	2	0
	leicht	0	2	0	1	2	2	1
	kräftig	1	0	2	2	2	2	0
Vibrieren in der Herzregion	nicht fühlbar	0	2	2	3	1	3	1
	fühlbar	1	0	0	1	3	3	0
Schaben/Kratzen in der Herzregion	nicht fühlbar	1	2	2	4	4	6	1
	fühlbar	0	0	0	0	0	0	0
Palpation der Eutervene	pulsiert	0	0	2	1	3	5	0
	pulsiert nicht	1	2	0	3	1	1	0
	n. b.	0	0	0	0	0	0	1
Intensität der Herztöne	kräftig	0	2	2	3	3	5	1
	dumpf	1	0	0	0	0	1	0
	pochend	0	0	0	1	1	0	0
Rhythmus	regelmäßig	1	1	2	3	4	6	1
	unregelmäßig	0	1	0	1	0	0	0
Abgesetztheit der Hertöne	mäßig	1	1	2	4	2	1	0
	schlecht	0	1	0	0	2	2	0
	nicht	0	0	0	0	0	3	1
Beurteilung der Herztöne	unauffällig	1	0	0	3	3	5	1
	verändert	0	2	2	1	1	0	0
	n. b.	0	0	0	0	0	1	0
Triel	o. b. B.	1	2	2	4	4	6	0
	ödematös	0	0	0	0	0	0	1
Schleimhaut	blass-rosa	1	1	2	4	4	6	1
	rosa	0	1	0	0	0	0	0
Zeichnung der ESG	fein	0	0	1	1	2	0	1
	deutlich	1	2	1	3	2	6	0

Tab. 14: Anzahl der Tiere pro Befund der klinischen Untersuchung der rechten Körperseite, sortiert nach HG-Graden

Befunde		HG 0	HG 1	HG 2	HG 3	HG 4	HG 5	HG 6
Adspektion V. jugularis	unauffällig	0	2	1	3	2	3	1
	gestaut	0	0	1	0	2	1	0
	pulsierend	0	0	0	1	0	1	0
	n. b.	1	0	0	0	0	1	0
Staubarkeit V. jugularis	gut	0	2	2	3	3	3	1
	schlecht	0	0	0	1	0	2	0
	n. b.	1	0	0	0	1	1	0
Leerlaufen V. jugularis	gut	0	2	1	3	3	4	1
	schlecht	0	0	1	1	0	1	0
	n. b.	1	0	0	0	1	1	0
Ausstreifbarkeit V. jugularis	entfällt	0	2	1	3	4	5	1
	ja	0	0	1	0	0	1	0
	nein	0	0	0	1	0	0	0
	n. b.	1	0	0	0	0	0	0
erneutes Füllen der V. jugularis	entfällt	0	0	0	0	0	0	0
	ja	0	0	1	1	0	1	0
	nein	0	2	1	3	3	4	1
	n. b.	1	0	0	0	1	1	0
Herzstoß	nicht fühlbar	1	2	2	4	0	5	0
	leicht	0	0	0	0	3	1	1
	kräftig	0	0	0	0	0	0	0
Vibrieren in der Herzregion	nicht fühlbar	1	2	2	3	3	5	1
	fühlbar	0	0	0	1	1	1	0
Schaben/Kratzen in der Herzregion	nicht fühlbar	1	2	2	4	4	6	1
	fühlbar	0	0	0	0	0	0	0
Palpation der Eutervene	pulsiert	0	0	1	2	4	3	0
	pulsiert nicht	1	2	1	2	0	3	1
	n. b.	0	0	0	0	0	0	0
Intensität der Herztöne	kräftig	1	2	1	3	0	2	0
	dumpf	0	0	1	1	3	4	1
	pochend	0	0	0	0	1	0	0
Rhythmus	regelmäßig	1	1	2	3	4	6	1
	unregelmäßig	0	1	0	1	0	0	0
Abgesetztheit der Hertöne	mäßig	0	1	2	3	2	6	6
	schlecht	0	1	0	1	2	0	0
	nicht	1	0	0	0	0	0	0
Beurteilung der Herztöne	unauffällig	0	0	0	4	3	5	1
	verändert	0	2	2	0	1	1	0
	n. b.	1	0	0	0	0	0	0

Die nachstehenden Tabellen zeigen den Anteil der Ausschläge über den jeweiligen Schwellenwert in Prozent für die vier Aufnahmeorte der linken Körperseite sowohl für die 50 Hz, als auch die 100 Hz Darstellungen. Die 20 Probanden des Hauptversuchs sind in Gruppen entsprechend ihres HG-Grades eingeteilt: HG „leicht“ – HG-Grad 0-2; HG „mittel“ – HG-Grad 3-4; HG „schwer“ – HG-Grad 5-6.

Als Ausschlag definiert ist eine den SW überschreitende Amplitude (= 1). Kein Ausschlag (= 0) wird verzeichnet, wenn die Amplitude unterhalb des SW liegt, oder in dem entsprechenden Intervall keine Amplitude verzeichnet ist. Für die Darstellung in der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse des positiven und des negativen Bereiches zusammengefasst, wobei pro Messpunkt (M) folgendermaßen verfahren wurde:

0 und 0 = 0

1 und 1 = 1

0 und 1 = 1

1 und 0 = 1

Tab. 15: Anteil der Schwellenwert-überschreitenden Ausschläge in Prozent der Orte 1-4 in der 50 und 100 Hz Darstellung, die Probanden sind entsprechend ihres HGs in Gruppen eingeteilt.

Als Ausschlag definiert ist nur die Schwellenwert-überschreitende Amplitude. Die positiven und negativen Ausschläge sind wie im oben stehenden Text beschrieben pro Messpunkt zusammengefasst.

HG „leicht“ - HG-Grad 0-2; HG „mittel“ – HG-Grad 3-4; HG „schwer“ – HG-Grad 5-6

Ort 1 – links, dritte ICR dorsal; Ort 2 – links dritte ICR ventral; Ort 3 – links, vierte ICR dorsal, Ort 4 – links vierte ICR ventral; M = Messpunkt

50 Hz	Ort 1					
	HG "leicht" n = 5		HG "mittel" n = 8		HG "schwer" n = 7	
	Systole	Diastole	Systole	Diastole	Systole	Diastole
M 1	100	100	100	87,5	100	71,4
M 2	100	100	100	100	100	100
M 3	100	100	100	100	100	85,7
M 4	100	60	100	75	100	71,4
M 5	60	40	100	25	100	28,6
M 6	60	20	62,5	62,5	85,7	85,7
M 7	80	40	50	50	71,4	71,4
M 8	20	60	62,5	75	57,1	71,4
M 9	20	100	50	75	71,4	71,4
M 10	40	100	62,5	75	71,4	100
50 Hz	Ort 2					
	HG "leicht" n = 5		HG "mittel" n = 7		HG "schwer" n = 7	
	Systole	Diastole	Systole	Diastole	Systole	Diastole
M 1	100	100	85,7	100	100	100
M 2	80	100	100	100	100	85,7
M 3	100	80	100	85,7	100	85,7
M 4	80	20	100	71,4	100	71,4
M 5	80	20	85,7	71,4	85,7	71,4
M 6	80	40	100	28,6	100	57,1
M 7	40	0	71,4	57,1	57,1	85,7
M 8	20	60	28,6	71,4	85,7	71,4
M 9	20	60	28,6	57,1	57,1	71,4
M 10	60	80	57,1	85,7	42,9	85,7
50 Hz	Ort 3					
	HG "leicht" n = 4		HG "mittel" n = 7		HG "schwer" n = 7	
	Systole	Diastole	Systole	Diastole	Systole	Diastole
M 1	75	100	100	71,4	85,7	71,4
M 2	100	100	100	85,7	100	71,4
M 3	100	50	100	85,7	100	57,1
M 4	100	25	100	42,9	100	57,1
M 5	50	50	100	57,1	100	71,4
M 6	50	25	85,7	28,6	42,9	71,4
M 7	50	50	28,6	57,1	42,9	42,9
M 8	25	50	57,1	71,4	28,6	42,9
M 9	25	75	42,9	57,1	28,6	42,9
M 10	50	100	28,6	57,1	71,4	85,7
50 Hz	Ort 4					
	HG "leicht" n = 4		HG "mittel" n = 6		HG "schwer" n = 6	
	Systole	Diastole	Systole	Diastole	Systole	Diastole
M 1	75	50	100	83,3	50	100
M 2	100	75	100	100	100	100
M 3	100	0	100	50	100	66,7
M 4	100	25	83,3	33,3	100	50
M 5	75	50	66,7	50	100	33,3
M 6	50	25	66,7	33,3	66,7	50
M 7	75	25	50	16,7	50	66,7
M 8	50	25	16,7	66,7	66,7	66,7
M 9	0	75	16,7	50	66,7	83,3
M 10	50	100	50	66,7	66,7	83,3

100 Hz	Ort 1					
	HG "leicht" n = 5		HG "mittel" n = 8		HG "schwer" n = 7	
	Systole	Diastole	Systole	Diastole	Systole	Diastole
M1	60	100	87,5	87,5	100	85,7
M2	100	100	100	87,5	85,7	71,4
M3	100	100	100	100	100	85,7
M4	100	100	100	87,5	100	85,7
M5	100	100	100	87,5	100	42,9
M6	100	60	100	50	100	42,9
M7	100	20	87,5	50	100	57,1
M8	80	40	87,5	12,5	100	42,9
M9	100	0	62,5	37,5	85,7	28,6
M10	60	20	62,5	0	85,7	42,9
M11	60	60	37,5	25	71,4	42,9
M12	80	20	25	50	85,7	57,1
M13	80	0	37,5	25	71,4	42,9
M14	20	60	25	50	85,7	42,9
M15	60	40	12,5	50	71,4	42,9
M16	40	40	12,5	37,5	57,1	57,1
M17	40	60	37,5	37,5	42,9	28,6
M18	40	80	25	25	42,9	42,9
M19	0	40	50	37,5	57,1	42,9
M20	60	60	62,5	50	85,7	57,1
100 Hz	Ort 2					
	HG "leicht" n = 5		HG "mittel" n = 7		HG "schwer" n = 7	
	Systole	Diastole	Systole	Diastole	Systole	Diastole
M1	80	40	85,7	85,7	85,7	85,7
M2	100	100	100	100	100	85,7
M3	100	100	100	100	100	100
M4	100	100	100	85,7	100	85,7
M5	100	40	100	71,4	100	71,4
M6	100	40	100	71,4	100	57,1
M7	80	20	100	57,1	100	28,6
M8	80	40	100	42,9	100	42,9
M9	80	20	71,4	28,6	85,7	57,1
M10	60	20	71,4	71,4	71,4	28,6
M11	20	20	42,9	42,9	57,1	28,6
M12	60	0	42,9	28,6	71,4	42,9
M13	40	20	42,9	28,6	57,1	57,1
M14	40	20	28,6	42,9	100	42,9
M15	20	60	14,3	28,6	71,4	28,6
M16	20	60	28,6	42,9	57,1	28,6
M17	40	60	28,6	28,6	85,7	57,1
M18	0	60	42,9	14,3	71,4	57,1
M19	20	80	42,9	14,3	57,1	57,1
M20	60	100	57,1	28,6	85,7	71,4

100 Hz	Ort 3					
	HG "leicht" n = 4		HG "mittel" n = 7		HG "schwer" n = 7	
	Systole	Diastole	Systole	Diastole	Systole	Diastole
M1	100	75	85,7	71,4	71,4	71,4
M2	100	100	100	57,1	100	71,4
M3	100	100	100	85,7	100	71,4
M4	100	100	100	85,7	100	57,1
M5	100	100	100	71,4	100	42,9
M6	100	75	100	71,4	100	42,9
M7	100	50	100	14,3	100	14,3
M8	100	75	100	28,6	85,7	14,3
M9	75	50	71,4	14,3	57,1	14,3
M10	50	75	85,7	14,3	42,9	42,9
M11	50	25	57,1	28,6	28,6	14,3
M12	25	25	71,4	28,6	42,9	28,6
M13	25	50	57,1	42,9	28,6	28,6
M14	25	25	14,3	71,4	28,6	28,6
M15	25	50	28,6	57,1	42,9	0
M16	50	50	57,1	42,9	42,9	42,9
M17	25	75	42,9	42,9	14,3	28,6
M18	0	75	14,3	57,1	42,9	42,9
M19	75	100	28,6	57,1	14,3	71,4
M20	100	100	57,1	71,4	57,1	57,1
100 Hz	Ort 4					
	HG "leicht" n = 4		HG "mittel" n = 6		HG "schwer" n = 6	
	Systole	Diastole	Systole	Diastole	Systole	Diastole
M1	75	75	66,7	83,3	100	100
M2	100	100	83,3	100	100	83,3
M3	100	100	100	83,3	100	100
M4	100	75	100	50	100	66,7
M5	100	50	100	16,7	100	33,3
M6	75	50	83,3	33,3	100	33,3
M7	100	100	100	0	100	0
M8	100	0	50	16,7	66,7	33,3
M9	75	75	66,7	16,7	100	50
M10	50	50	16,7	16,7	83,3	33,3
M11	50	75	33,3	0	83,3	50
M12	50	25	16,7	33,3	83,3	50
M13	25	25	16,7	50	66,7	33,3
M14	50	50	0	33,3	33,3	50
M15	50	50	16,7	33,3	33,3	50
M16	25	50	0	0	33,3	66,7
M17	50	75	0	33,3	33,3	66,7
M18	50	75	50	33,3	50	50
M19	50	75	66,7	16,7	66,7	50
M20	50	75	83,3	50	83,3	66,7

9 Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Anke Reisse, geb. Bültemeier
Geburtsdatum: 15.05.1979
Geburtsort: Kassel
Anschrift: Flurstr. 6a
85293 Reichertshausen

Schulausbildung:

1985 - 1989 Bilstein-Schule, Grundschule in Edermünde-Besse
1989 - 1998 König-Heinrich-Schule, Gymnasium in Fritzlar

Berufsausbildung:

1998 - 1999 Mitarbeit in der tierärztlichen Klinik Dr. W. Doering, Kassel
1999 - 2000 Studium der Veterinärmedizin und Vorphysikum an der
St. István Universität Budapest
2000 - 2005 Studium der Veterinärmedizin und Staatsexamen an der
Ludwig-Maximilian-Universität München
2005 tierärztliche Approbation

Berufstätigkeit:

2005 – 2006 angestellt in der tierärztlichen Praxis Dr. J.
Einhellig, Hengersberg
seit 2005 Dissertation am Lehrstuhl für Innere Medizin und Chirurgie der
Wiederkäuer
seit 2006 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der LMU München, Lehrstuhl
für Innere Medizin und Chirurgie der Wiederkäuer

10 Danksagung

Herrn Prof. Dr. W. Klee danke ich für die Überlassung des Themas.

Herrn Dr. M. Metzner danke ich sehr für seine fachkundige Betreuung besonders in technischen Belangen.

Herrn Dr. G. Rademacher danke ich für die intensive Betreuung des klinischen Teils meiner Arbeit. Besonders hervorzuheben ist hierbei mit welcher Geduld und Ausführlichkeit er mein „klinisches Auge und Ohr“ geschult hat.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. C. Sauter-Louis, die bei statistischen Problemen stets zur Stelle war und mit großer Einsatzfreude und Ideen die Arbeit unterstützt hat.

Für die stets freundliche Hilfe bei der praktischen Durchführung möchte ich mich bei den beiden „Hilfspersonen“ Frau M. Amberger und Frau R. N. Kuckenberg bedanken.

Für die Unterstützung, die Motivation, die Aufmunterungen und auch das Aushalten sämtlicher Launen meinerseits möchte ich meiner Familie, insbesondere aber meinem Mann von Herzen danken.